



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB  
IG/ IB/ IQ/ FACE-ECO/ CDS  
CURSO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS

**CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA DO RIO PRETO/DF**  
**Contribuições para um esquema de pagamento por serviços ambientais espelhado no**  
**Programa Produtor de Água**

ARIANE DE ALMEIDA RODRIGUES

BRASÍLIA – DF

DEZEMBRO / 2014

ARIANE DE ALMEIDA RODRIGUES

**CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA DO RIO PRETO/DF**  
**Contribuições para um esquema de pagamento por serviços ambientais espelhado no**  
**Programa Produtor de Água**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção de grau de bacharel em Ciências Ambientais, sob orientação da professora Dra. Mercedes Maria da Cunha Bustamante.

BRASÍLIA – DF

DEZEMBRO / 2014

RODRIGUES, ARIANE DE ALMEIDA.

Conservação dos recursos hídricos na bacia do Rio Preto/DF: contribuições para um esquema de pagamento por serviços ambientais espelhado no Programa Produtor de Água.

Orientação: Dra. Mercedes Maria da Cunha Bustamante.

87 páginas.

Projeto final em ciências ambientais – Consórcio IG/ IB/ IQ/ FACE-ECO/ CDS – Universidade de Brasília.

Brasília – DF, 2014.

1. Pagamento por serviços ambientais - 2. Bacia do Rio Preto - 3. Serviços ecossistêmicos

**CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA DO RIO PRETO/DF**  
**Contribuições para um esquema de pagamento por serviços ambientais espelhado no**  
**Programa Produtor de Água**

Ariane de Almeida Rodrigues

Profa. Orientadora: Dra. Mercedes Maria da Cunha Bustamante

Brasília-DF, 8 de dezembro de 2014.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profa. Dra. Mercedes Maria da Cunha Bustamante (Orientadora)

Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília

---

Prof. Dr. Jorge Madeira Nogueira (Coorientador)

Instituto de Economia da Universidade de Brasília

---

Profa. Dra. Gabriela Bielefeld Nardoto (Avaliadora)

Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha Orientadora, Professora Mercedes Maria da Cunha Bustamante, pelo apoio constante, entusiasmo e paciência. Agradeço ao Professor Jorge Madeira Nogueira pela orientação nas questões de Economia, com muito bom humor. Aos Professores José Eloi Guimarães Campos e Henrique Marinho Leite Chaves, pelas generosas contribuições à pesquisa. À toda a equipe envolvida no Programa Produtor de Água no Ribeirão Pípiripau, declaro minha admiração pelo trabalho realizado e agradeço especialmente a Albano Araújo e Eileen Andrea Acosta, da TNC, e a Sumar Magalhães Ganem e Ecarlos Carneiro, da EMATER, que me receberam tão bem me ajudaram a compreender melhor a importância dessa iniciativa.

Agradeço a todos os professores do curso de Ciências Ambientais, por terem abraçado a proposta do curso com tanto entusiasmo. Aos colegas do curso, em especial, ao amigo João Paulo Fernandes, que me ajudou na elaboração dos mapas. Eu não poderia ter encontrado um grupo mais generoso e solidário do que o dos colegas e amigos do curso de Ciências Ambientais e, por isso, me sinto grandemente afortunada. Por fim, agradeço à minha família, meus pais, minha irmã e meu noivo, pelo apoio incondicional aos meus estudos, que me possibilitaram alcançar este patamar de realização pessoal e acadêmica.

## RESUMO

A Bacia do Rio Preto/DF provê serviços ecossistêmicos de fornecimento de água que sustentam a maior parte da produção agrícola no Distrito Federal. Por trás desse serviço de destaque, os mananciais promovem serviços de regulação dos ecossistemas e suporte à vida que ainda não foram calculados. Essa dinâmica está sendo comprometida pelo uso intensivo de água para a irrigação por pivô central, com maiores taxas de retirada durante os meses mais secos do ano. Neste contexto, a valoração do meio ambiente e de seus serviços é um mecanismo importante para incluir as externalidades ambientais na equação econômica, comunicar de forma eficaz com um maior número de pessoas e orientar a tomada de decisões. Assim, o objetivo deste trabalho foi contribuir para a elaboração de um modelo de pagamento por serviços ambientais de proteção hídrica para a bacia do Rio Preto/DF, adaptando estratégias do Programa Produtor de Água no Ribeirão Pipiripau/DF. Para o desenvolvimento do estudo, foi realizada síntese e análise de dados e informações, análise de imagens vetoriais da área e entrevistas semiestruturadas com especialistas. Ao final, foi possível apresentar contribuições para delinear um esquema de pagamento por serviços ambientais para a Bacia do Rio Preto/DF, mediante acordo entre os possíveis fornecedores de serviços ambientais à montante e um grande usuário à jusante, a usina hidrelétrica de Queimado. Outros aspectos apontados incluem a priorização de acordos entre os principais *stakeholders*, maiores usuários de água e fornecedores de serviços ambientais; a definição prévia de estratégias monitoramento; financiamento prioritariamente privado, reduzindo a demanda de recursos governamentais e privilegiando o princípio do usuário pagador; a valoração dos serviços ambientais por meio do custo de oportunidade e do custo de recuperação ou reposição; a inclusão de critérios de pagamento que promovam a recarga dos aquíferos e o manejo eficiente das técnicas de irrigação; o envolvimento dos produtores na gestão do projeto e a menor dependência de políticas transitórias de governo. Apesar do foco na escala local, as discussões e os resultados obtidos podem ser transferidos para estudos relativos a outras áreas do Cerrado, com características semelhantes de ocupação consolidada e forte pressão sobre os recursos hídricos para a irrigação.

## ABSTRACT

The Rio Preto Basin/DF provides water ecosystem supply services that sustain the vast majority of the agricultural production in the Federal District. Besides that noticeable service, the springs promote ecosystems regulation and life support services that have not yet been calculated. This dynamic is being compromised by the intensive use of water for center pivot irrigation, with higher withdrawal rates during the driest months of the year. In this context, the valuation of the environment and its services is an important mechanism to include environmental externalities in the economic equation, to communicate effectively with a larger number of people and to guide decision-making. Therefore, this study aimed to make contributions to develop a model of payment for environmental services of water protection for the Rio Preto Basin/DF, adapting strategies from the Water Producer Program in Ribeirão Piriapau/DF. The methods used involved data and information synthesis and analysis, vector image (shapefiles) analysis of the target area and semi-structured interviews with experts. At the end, we were able to provide contributions to design a scheme for payment for environmental services in the Rio Preto Basin/DF, through agreement between the potential suppliers of environmental services located upstream and a large user downstream, the Queimado hydroelectric plant. Other aspects highlighted include the prioritization of agreements between key stakeholders, who are major water users and environmental service providers; prior establishment of monitoring strategies; primarily use of private funding, reducing the demand for government resources and emphasizing the application of the user-pays principle; prior valuation of environmental services through the opportunity cost and recovery or replacement cost methods; inclusion of payment criteria that promote groundwater recharge and efficient management of irrigation techniques; involvement of producers in the project management and less dependence on transitional government policies. Despite the focus on the local level, the discussions and the results can be transferred to studies on other areas in the Brazilian Cerrado biome, with similar characteristics of consolidated human occupation and high pressure on water resources for irrigation.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2. CONSERVAÇÃO COM BASE EM SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS: EXPERIÊNCIAS E PERSPECTIVAS.....</b>	<b>11</b>
<b>2.1. A Ciência da Conservação e os Serviços Ecosistêmicos .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2. Pagamentos por serviços ambientais e experiências na América Latina .....</b>	<b>15</b>
2.2.1. Considerações gerais.....	15
2.2.2. Experiências na América Latina .....	21
<b>2.3. O Programa Produtor de Água.....</b>	<b>26</b>
2.3.1. Concepção e estrutura do Programa .....	26
2.3.2. O Programa Produtor de Água no Ribeirão Pipiripau/DF .....	31
<b>3. CARACTERÍSTICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PRETO/DF .....</b>	<b>39</b>
<b>3.1. Contexto geral do bioma Cerrado.....</b>	<b>39</b>
3.1.1. Características físico-bióticas .....	39
3.1.2. Características socioeconômicas e impactos do padrão de ocupação e uso da terra .....	40
3.1.3. Situação dos recursos hídricos .....	43
<b>3.2. Características físico-bióticas da Bacia do Rio Preto.....</b>	<b>45</b>
3.2.1. Características gerais e localização.....	45
3.2.2. Clima e condições meteorológicas.....	47
3.2.3. Características geomorfológicas e geológicas .....	48
3.2.4. Características pedológicas .....	50
3.2.5. Vegetação e fauna .....	52
<b>3.3. Características socioeconômicas da Bacia do Rio Preto .....</b>	<b>54</b>
3.3.1. Evolução do uso e ocupação do solo .....	54
3.3.2. Produção econômica e práticas agrícolas .....	59
3.3.3. Informações socioeconômicas e relações produtivas .....	61
<b>3.4. Características hídricas da Bacia do Rio Preto .....</b>	<b>62</b>
3.4.1. Principais classes de uso da água.....	62
3.4.2. Aspectos quantitativos .....	63
3.4.3. Aspectos qualitativos .....	68
3.4.4. Conflitos pelo uso da água .....	68
<b>4 CONTRIBUIÇÕES PARA UM ESQUEMA DE PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS NO RIO PRETO/DF .....</b>	<b>71</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>81</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>83</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Os conceitos de serviços ecossistêmicos e de pagamentos por serviços ambientais (PSA) ganharam maior relevância no cenário internacional com a publicação dos relatórios Millennium Ecosystem Assessment – MA (REID *et al.*, 2005) e The Economics of Ecosystems and Biodiversity – TEEB (RUSSI *et al.*, 2013). Serviços ecossistêmicos são funções desempenhadas pela natureza que contribuem para o bem estar social. Este conceito permite integrar perspectivas multidisciplinares, incluindo análises biofísicas sobre o funcionamento de ecossistemas e aspectos socioeconômicos. Por sua versatilidade, torna-se uma ferramenta importante para orientar a tomada de decisões, auxiliando para a avaliação dos *trade-offs*<sup>1</sup> associados a cada escolha.

Neste contexto, a valoração do meio ambiente e seus serviços é um primeiro passo para incluir as externalidades ambientais na equação econômica. A identificação e valoração dos serviços ecossistêmicos permite criar programas de pagamentos por serviços ambientais (PSA) para remunerar pessoas ou grupos de pessoas agentes de conservação, à exemplo do Programa Produtor de Água, da Agência Nacional de Águas – ANA. O Programa Produtor de Água está sendo desenvolvido no Distrito Federal e opera mediante incentivos aos proprietários inseridos na área de drenagem da bacia do Ribeirão Pípiripau, para promover a proteção hídrica. As ações financiadas incluem aquelas destinadas à redução da erosão e à restauração florestal de áreas protegidas.

A pergunta central desta pesquisa é se estratégias semelhantes, baseadas em PSA de proteção hídrica, poderiam ser adaptadas e aplicadas para a conservação da bacia do Rio Preto/DF. O interesse sobre o tema surgiu da observação de que a Bacia do Rio Preto apresenta a maior concentração de pivôs centrais de irrigação no DF. Este fato reflete a tendência geral de avanço do agronegócio sobre o Cerrado, gerando pressões crescentes sobre os recursos hídricos da região. É preciso avaliar, porém, os limites dessa expansão considerando os diversos usos para os recursos hídricos, que muitas vezes importam em *trade-offs*, pois não podem ser providos simultaneamente com a mesma qualidade ou quantidade. Assim, estratégias de incentivo econômico têm o potencial de apresentar

---

<sup>1</sup> Em Ciências Econômicas, a expressão define uma situação de escolha conflitante, isto é, quando é necessário escolher entre duas ou mais opções que não podem ser obtidas simultaneamente com a mesma qualidade e quantidade.

<sup>2</sup> “No que diz respeito à alternativa da negociação entre poluidores e prejudicados, Ronald Coase (1960) mostrou que se o agente que impõe a externalidade da poluição e o agente que sofre o seu impacto estiverem dispostos a

melhores resultados do que iniciativas de comando e controle, que têm falhado em promover a sustentabilidade do desenvolvimento agrícola no Cerrado.

Nesse contexto, o objetivo do presente estudo é apresentar contribuições para a implantação de um esquema de pagamento por serviços ambientais de proteção hídrica na bacia do Rio Preto/DF, buscando adaptar as estratégias do Programa Produtor de Água à realidade do local de interesse. A investigação visa contribuir para o aperfeiçoamento de métodos conservacionistas e políticas ambientais efetivas em âmbito local, com possibilidade de replicação em contextos semelhantes.

Para a alcance do objetivo proposto, o estudo se inicia com a revisão bibliográfica sobre serviços ecossistêmicos e pagamento por serviços ambientais apresentada no capítulo 2. São destacados os pontos mais importantes para os objetivos de pesquisa e apresentadas experiências relevantes de PSA na América Latina, que podem trazer contribuições para o desenho de iniciativas brasileiras.

Dentre as iniciativas de PSA, maior atenção é dada ao Programa Produtor de Água na bacia do Ribeirão Pípiripau/DF. Para entender melhor a experiência no Pípiripau, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com especialistas membros da equipe do Programa. As entrevistas foram importantes para obter informações e opiniões das pessoas envolvidas no Programa sobre a sua implantação, o estágio atual, as dificuldades enfrentadas e os resultados preliminares. A literatura disponível traz muitas informações sobre a fase de planejamento, mas o Programa ainda está em fase de execução e não houve publicação de resultados. Outros projetos de PSA hídrico coordenados pela ANA também não tiveram resultados publicados até o momento, de forma que as entrevistas buscaram suprir essa lacuna de informações. Assim, foram consultados o Sr. Albano Araújo, Coordenador de Conservação de Água Doce, e Sra. Eileen Andrea Acosta, Especialista em Água Doce, ambos da organização The Nature Conservancy do Brasil – TNC; o Sr. Henrique Marinho Leite Chaves, Professor do Departamento de Engenharia Florestal da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília – UnB e o Sr. Sumar Magalhães Ganem, Coordenador de Gestão Ambiental, da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do DF – EMATER/DF.

O capítulo 3 aborda o contexto do Cerrado e reúne informações físico-bióticas, socioeconômicas e hídricas sobre a Bacia do Rio Preto/DF que permitem construir um panorama da situação atual. A partir das referências desenvolvidas nos capítulos 2 e 3, o capítulo 4 apresenta a discussão sobre a possibilidade de implantação de um esquema de PSA

na Bacia do Rio Preto/DF utilizando o modelo do Programa Produtor de Água no Pípiripau como parâmetro de análise.

## **2. CONSERVAÇÃO COM BASE EM SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS: EXPERIÊNCIAS E PERSPECTIVAS**

### **2.1. A Ciência da Conservação e os Serviços Ecosistêmicos**

A Ciência da Conservação surge como uma área de estudos interdisciplinar que abrange a Biologia da Conservação e acrescenta, às preocupações com a biodiversidade, o objetivo de maximizar ganhos sociais (KAREIVA; MARVIER, 2012). O meio ambiente não pode ser pensado, nos dias atuais, como um sistema que antagoniza com a sociedade. A interferência humana no meio alcançou tal dimensão, em escala, que foi criado o nome Antropoceno para se referir à era atual. Igualmente, as iniciativas de conservação ambiental afetam a vida de diversos grupos sociais, no meio rural e urbano, gerando conflitos.

O novo contexto global requer uma mudança nos estudos conservacionistas para incluir, em seu âmbito de análise, aspectos relativos a diversas áreas do conhecimento, como a psicologia, a economia, a sociologia, a ética, o direito e outros (KAREIVA; MARVIER, 2012). Essa percepção estimulou o crescimento de estudos ambientais interdisciplinares, que qualificam a área de atuação do cientista ambiental.

A abordagem interdisciplinar da conservação ambiental será adotada neste trabalho, por se mostrar mais apropriada ao objeto de estudo: a conservação de recursos hídricos na Bacia do Rio Preto. Essa região caracteriza-se por um alto grau de antropização, o que requer o diálogo das ciências naturais e sociais para a problematização da realidade local e indicação de alternativas sustentáveis.

A perspectiva interdisciplinar também está contida na dimensão do meio ambiente enquanto provedor de serviços ecossistêmicos. Ecossistema é:

Qualquer unidade que inclua a totalidade dos organismos (isto é, a comunidade) de uma área determinada interagindo com o ambiente físico por forma a que uma corrente de energia conduza a uma estrutura trófica, a uma diversidade biótica e a ciclos de materiais (isto é, troca de materiais entre as partes vivas e não vivas) claramente definidos dentro do sistema” (ODUM, 2004, p. 11).

O conceito de ecossistema traduz a ideia de um sistema no qual organismos vivos e o seu ambiente abiótico interagem como uma unidade funcional. A compreensão de serviços ecossistêmicos, por sua vez, volta-se para a interação entre as funções ecossistêmicas e



benefícios sociais. Os serviços ecossistêmicos podem ser entendidos como funções desempenhadas pelos ecossistemas que contribuem para o bem-estar social (ALCAMO *et al.*, 2003). Como esses elementos não podem ser definidos independentemente, a abordagem conservacionista pautada em serviços ecossistêmicos requer análises integradas de aspectos físico-bióticos e socioeconômicos.

Ao longo do tempo, índices e parâmetros tem sido desenvolvidos para avaliar qual é a contribuição dos serviços ecossistêmicos para a vida humana. Há critérios mais ambientais, como unidades de energia solar, fotossíntese e produtividade primária líquida (SANT ANNA; NOGUEIRA, 2012). Também surgiu o conceito de pegada hídrica, desenvolvido pela organização Word Wildlife Fund – WWF, que quantifica os serviços ecossistêmicos necessários para manter determinado estilo de vida em unidades de área produtiva de terra e mar (WWF, [s.d.]). Nos últimos anos, tem se observado uma tendência crescente de expressar conceitos de biodiversidade e serviços ecossistêmicos em valor monetário (MCCAULEY, 2006 *apud* SPASH, 2008).

A valoração em unidades monetárias tem ganhado apoio entre conservacionistas e biólogos. O valor expresso em moeda é apontado como uma forma mais ampla e eficaz de comunicar a contribuição do capital natural para o bem estar humano (COSTANZA *et al.*, 2014). A referência monetária também facilita a inclusão de aspectos ambientais na esfera da gestão e tomada de decisões, permitindo a avaliação comparativa entre alternativas possíveis apoiada em procedimentos decisórios, como na análise custo-efetividade. Outra vantagem importante deriva da possibilidade de uso de instrumentos de mercado para promover a conservação da natureza (COSTANZA *et al.*, 2014), o que será abordado com mais detalhes no item seguinte.

A abordagem dos serviços ecossistêmicos, contudo, têm limitações para o alcance de objetivos conservacionistas. Não há uma demonstração clara, por exemplo, da relação entre a biodiversidade e a manutenção de alguns serviços ecossistêmicos. Assim, é importante ressaltar que a perspectiva de serviços ecossistêmicos adotada neste trabalho não contesta a importância da criação de áreas de conservação e nem nega o valor intrínseco da natureza. Não obstante, essa perspectiva traz novas possibilidades de sucesso e suporte financeiro às ações de conservação, reforçando a compreensão de que os impactos na natureza impactam igualmente a qualidade de vida das pessoas (KAREIVA; MARVIER, 2012).

A Organização das Nações Unidas – ONU, por meio do Programa Ambiental das Nações Unidas – UNEP, desenvolveu, em 2005, um relatório chamado The Millennium

Ecosystem Assessment – MA. O documento salienta a interação dinâmica entre os seres humanos e os ecossistemas sob com base no conceito de serviços ecossistêmicos. A elaboração do relatório contou com a participação de mais de 2.000 autores e revisores ao redor do mundo que sintetizaram as produções científicas sobre o tema. O MA classifica os serviços ecossistêmicos em quatro tipos principais (ALCAMO et al., 2003):

- Serviços de fornecimento: abrangem o fornecimento de produtos como alimentos, madeira, fibra natural, bioquímicos, recursos genéticos e água, extraídos diretamente do ecossistema.
- Serviços reguladores: beneficiam as sociedades por meio da regulação de processos ecossistêmicos, como manutenção da qualidade do ar, regulação do clima, regulação da quantidade de água, controle de erosão, purificação da água e tratamento de resíduos, manutenção da saúde, controle biológico, polinização, proteção contra tempestades.
- Serviços culturais: envolvem usos dos ecossistemas para fins não-materiais. Promovem valores como diversidade cultural, valores espirituais e religiosos, valores educacionais, inspiração, valores estéticos, relações sociais, herança cultural, recreação e ecoturismo.
- Serviços de suporte: são a base para a existência de todos os outros serviços ecossistêmicos. Produzem efeitos sobre as pessoas, em geral, indiretos e de longo prazo. Compreendem serviços como formação e retenção dos solos, produção de oxigênio atmosférico (por meio da fotossíntese), produção primária, ciclagem de nutrientes, ciclagem de água, provisionamento de habitat.

Essa classificação de serviços, contudo, não é estanque ou excludente. Há serviços que se superpõe e se enquadram em mais de uma das classes propostas. O que importa aqui é definir categorias operacionais que permitam identificar um serviço e seus beneficiários e aplicar métodos de análise qualitativa e quantitativa, inclusive a valoração.

Diversos serviços ecossistêmicos, em todas as categorias apresentadas, são fornecidos por áreas úmidas e ecossistemas aquáticos, dentre eles:

Serviços de fornecimento:

- Água (quantidade e qualidade) para uso consumptivo (para beber, uso doméstico e uso agrícola e industrial)
- Água para uso não consumptivo (para gerar energia e transporte/navegação)
- Organismos aquáticos para alimentos e medicamentos

Serviços regulatórios:

- Manutenção da qualidade da água (filtração natural e tratamento da água)
- Tamponamento de fluxo de inundação, controle de erosão por meio de interações entre a água e a terra e infraestrutura de controle de inundação

Serviços culturais:

- Recreação (*rafting*, canoagem, caminhada e pesca esportiva)
- Turismo (contemplação de rios)
- Valores de existência (satisfação pessoal por cursos d'água naturais)

Serviços de suporte:

- Função na ciclagem de nutrientes (função na manutenção da fertilidade da várzea), produção primária
- Relação predador/presa e resiliência do ecossistema (AYLWARD; BANDYOPADHYAY; BELAUSTEGUIGOTIA, 2005, p. 216, tradução livre).

Todos estes serviços compreendem diversos usos para os recursos hídricos, que muitas vezes importam em *trade-offs*, pois não podem ser providos simultaneamente com a mesma qualidade ou quantidade. Historicamente, os serviços de fornecimento têm sido privilegiados, especialmente aqueles destinados ao consumo doméstico e à agricultura (AYLWARD; BANDYOPADHYAY; BELAUSTEGUIGOTIA, 2005). Esse enfoque promoveu melhorias evidentes na qualidade de vida da população em geral. Porém, os serviços regulatórios e os serviços de suporte precisam ser mantidos em equilíbrio, sob pena de comprometer a qualidade e a quantidade de recursos e, em casos extremos, a própria existência do curso de água.

A garantia de sustentabilidade dos recursos hídricos, no sentido de atender às necessidades do presente, sem comprometer o fornecimento de serviços ecossistêmicos para gerações futuras, deve observar estratégias de manejo e uso racional. A água é um recurso renovável, porém a água doce em condições próprias para o consumo é um recurso finito e mal distribuído ao redor do planeta. A ONU estima que 1,1 bilhão de pessoas no mundo não possuem fornecimento adequado de água potável em boa qualidade (UNESCO, 2003; WHO; UNICEF, 2004 *apud* AYLWARD; BANDYOPADHYAY; BELAUSTEGUIGOTIA, 2005).

Recentemente, o problema de falta de água no Estado de São Paulo e em outros municípios do sudeste assumiu proporções de uma ampla crise hídrica, com impactos, inclusive, em atividades econômicas (BARIFOUSE, 2014). Momentos de crise como esse são também oportunidades para repensar as políticas de gestão de recursos hídricos, apresentado soluções que extrapolem medidas emergenciais. Espera-se que a discussão apresentada nesse

trabalho possa enriquecer o debate para superação das fragilidades atuais na gestão dos recursos hídricos.

A manutenção, em termos qualitativos e quantitativos, do provimento de água a longo prazo depende de uma melhor eficiência no uso dos recursos já extraídos, diminuição das perdas na distribuição, aumento da capacidade de recarga, redução da erosão e do assoreamento dos rios, recuperação Áreas de Proteção Permanente – APP e Reservas Legais – RL e outros. Estas alternativas, em muitos casos, também podem se revelar como as mais econômicas. Vislumbrando essa possibilidade de maximizar seus benefícios, diversos usuários de água têm investido em projetos de conservação de recursos hídricos, mediante esquemas de Pagamento por Serviços Ambientais – PSA.

## **2.2. Pagamentos por serviços ambientais e experiências na América Latina**

### *2.2.1. Considerações gerais*

O fornecimento dos serviços ecossistêmicos, em termos qualitativos e quantitativos, depende da manutenção das relações funcionais nos ecossistemas. Os ecossistemas são resilientes diante de perturbações externas, pois possuem a capacidade de se restaurar naturalmente e retornar à sua condição anterior. Porém, há um limite de resiliência e, ultrapassado o ponto de inflexão, há a ruptura de processos ecológicos e evolutivos com redução de serviços ecossistêmicos e possibilidade de danos irreparáveis.

Os atuais padrões de uso do solo e de exploração dos recursos naturais têm promovido alterações ambientais com intensidade e escala além da capacidade de restauração natural, prejudicando o funcionamento ecológico e o fornecimento de serviços ecossistêmicos. Cerca de 60% dos serviços ecossistêmicos avaliados pelo *Millenium Ecosystem Assessment* têm sofrido degradação ou uso insustentável (REID *et al.*, 2005).

É possível manter o nível de oferta de serviços ecossistêmicos mediante mudanças de comportamento no sentido de minimizar o estresse ambiental. Pode-se até aumentar essa oferta ao recuperar áreas degradadas. Essas ações ambientalmente benéficas são consideradas **serviços ambientais**, prestados por pessoas ou grupos de pessoas que podem ser remunerados por suas ações que, em última instância, contribuem para o aumentar a oferta de serviços ecossistêmicos e retornam benefícios para a sociedade (THE NATURE CONSERVANCY *et al.*, 2010).

A possibilidade de pagamento àqueles que prestam serviços ambientais surge porque, apesar dos serviços ecossistêmicos serem fornecidos gratuitamente pela natureza, a manutenção desses serviços importa em custos, incluindo custos diretos (de restauração e de cuidados de preservação), indiretos ou de não aproveitamento econômico da área. Ao mesmo tempo, os benefícios sociais gerados pela conservação contemplam inúmeros usuários sem que haja a correspondente contraprestação. Assim, as pessoas favorecidas pela melhoria da qualidade ambiental, os usuários do serviço, não contribuem para os custos de conservação, o que caracteriza uma externalidade positiva na economia. Os proprietários de terra, por sua vez, sem incentivos para conservar, tendem a explorar a produtividade comercial máxima da terra e os lucros imediatos, pois não podem obter ganhos com serviços ambientais não comercializáveis (ALSTON; ANDERSSON; SMITH, 2013).

A estratégia predominante no Brasil para abordar tais problemas tem sido a criação de áreas protegidas mediante instrumentos de comando e controle, em geral leis com aparato institucional coercitivo para punição de eventuais violações. Entretanto, esse instrumento apresenta limitações, como qualquer outro instrumento de políticas públicas, e requer altos investimentos de recursos em fiscalização. As insuficiências do modelo atual de gestão são incontestáveis quando se observa a existência de um grande passivo ambiental de áreas de proteção em propriedades privadas. Estima-se que o passivo de RL seja de, pelo menos, 174.000 km<sup>2</sup>, quase o tamanho do estado do Paraná (OBSERVATÓRIO DO CÓDIGO FLORESTAL, 2014).

Ocorre que, em algumas áreas, a criação de áreas protegidas não é socialmente e economicamente viável (PAGIOLA; ZHANG; COLOM, 2010). Assim, os instrumentos de incentivo econômico, como o Pagamento por Serviços Ambientais – PSA, apresentam possibilidades de ampliar a conservação por meio de compensação monetária, ao invés de punição. O PSA pode proporcionar fundos adicionais para o pagamento de proprietários visando à manutenção de áreas protegidas por lei – mas não fiscalizadas –, à criação de espaços protegidos além do mínimo legal ou à adoção outras medidas conservacionistas. Em última análise, há redução da necessidade de coerção estatal, por meio de estímulo à mudança de comportamento voluntária. Desonerado, o Estado pode investir seus recursos em outras atividades de proteção social. A ideia é que seja estabelecido um mercado entre fornecedores e usuários que dispense a intervenção governamental (SANT ANNA; NOGUEIRA, 2012), o

que caracteriza uma barganha coasiana<sup>2</sup>. Na prática, porém, o governo frequentemente assume diversas funções nos mercados de serviços ambientais, como será discutido mais adiante.

A compreensão dos serviços ecossistêmicos, associada a programas de PSA, está cada vez mais presente na agenda política e nas decisões de gestão ambiental dos países em desenvolvimento (GÓMEZ-BAGGETHUN *et al.*, 2010). Conceitualmente, o PSA é a aplicação do princípio do usuário-pagador/fornecedor-recebedor. Wunder (2005) indica cinco critérios distintivos que definem o PSA:

- a) transação voluntária;
- b) serviço ecossistêmico bem definido, associado a um padrão de uso da terra que assegure o fornecimento desse serviço;
- c) no mínimo um comprador;
- d) no mínimo um provedor; e
- e) pagamento condicionado à prestação do serviço (condicionalidade).

A maioria dos programas de PSA existentes, contudo, não possuem todas as características definidas por Wunder (2005). A questão da voluntariedade muitas vezes é mitigada quando o pagamento é utilizado para manutenção de áreas legalmente protegidas e que, portanto, não poderiam ser livremente dispostas pelo proprietário. No caso de serviços ambientais de proteção hídrica, entretanto, a localização da área protegida é importante (ALSTON; ANDERSSON; SMITH, 2013). Assim, pode haver impacto do programa na liberdade do proprietário de escolher a localização da RL. Ou seja, o PSA pode fornecer incentivos econômicos para a criação de RL em áreas, dentro da propriedade, que coincidam com as áreas prioritárias de recarga hídrica.

Em relação à definição do serviço e de seus usuários e fornecedores, deve-se considerar que os serviços de proteção hídrica são mais bem delimitados do que outros serviços, como a proteção à biodiversidade (WUNDER, 2008 *apud* ALSTON; ANDERSSON; SMITH, 2013). Isso porque os recursos hídricos são mapeados em bacias e sub-bacias, o que facilita a identificação dos fornecedores à montante e dos usuários à jusante,

---

<sup>2</sup> “No que diz respeito à alternativa da negociação entre poluidores e prejudicados, Ronald Coase (1960) mostrou que se o agente que impõe a externalidade da poluição e o agente que sofre o seu impacto estiverem dispostos a negociar a procura de vantagens mútuas, o resultado da negociação poderia levar a melhoras na alocação de recursos, ampliando o bem estar social. Com isso, seria dispensável a intervenção do estado. Mas o próprio Coase reconhece que o sistema de negociações só seria aplicável em casos muito especiais. Numa sociedade complexa, na qual a degradação ambiental tem características multifacetadas e diferenciadas, envolvendo uma miríade de agentes econômicos de vários tipos, a solução via negociações seria extremamente difícil de ser implementada.” (DISTRITO FEDERAL; ADASA; ECOPLAN, 2012b)

possíveis vendedores e compradores do serviço. Porém, ocorre frequentemente a situação de monopólio, ou seja, há apenas um grande comprador, que pode ser uma empresa de coleta e distribuição de água, uma hidrelétrica, uma indústria ou outros (WUNDER, 2005). O monopólio é uma falha de mercado, pois um único comprador impõe a sua disposição a pagar na negociação. Por outro lado, um número reduzido de compradores e vendedores tem a vantagem de reduzir os custos de transação (SANT ANNA; NOGUEIRA, 2012).

Na maior parte dos casos, há ampla participação do governo na transação. O governo pode atuar de várias formas, desde a regulação do mercado – o que caracterizaria uma participação menos divergente do ideal de um instrumento coasiano –, até a compra dos serviços, venda em transações internacionais, intermediação nas negociações entre demandantes e ofertantes, promoção do estímulo inicial para a transação e provimento do serviço (NOGUEIRA, 2013). Conceitualmente, o fato do governo ser o comprador afasta a aplicação do princípio do usuário pagador e aproxima o PSA de um subsídio.

Deve-se considerar também que o funcionamento efetivo de programas de PSA requer uma fonte de financiamento confiável a longo prazo (PAGIOLA; ZHANG; COLOM, 2010). A continuidade do pagamento pelo usuário decorre do interesse em maximizar o seu próprio interesse, enquanto iniciativas com financiamento público podem ser prejudicadas por mudanças de governo e alterações na política. Também o alcance do programa fica restrito ao limitado orçamento público (NOGUEIRA, 2013). Não há como realizar pagamentos por todos serviços ambientais e os valor do pagamento tende a ser menor, pois não reflete o valor do serviço para os usuários.

Há, ainda, outro efeito ambientalmente desfavorável de transações com financiamento público: a inclusão frequente de objetivos secundários, como desenvolvimento regional e redução da pobreza, o que pode prejudicar o foco e a efetividade no alcance de metas ambientais (WUNDER, 2008). No Brasil, a maioria das iniciativas têm sido voltadas a pequenos produtores rurais ou a classes menos favorecidas e não àqueles proprietários mais relevantes para o provimento de serviços ambientais (NOGUEIRA, 2013). Apesar de não ser uma estratégia recomendável no sentido de maximizar a conservação ambiental, esse comportamento é legítimo, pois o uso de verbas públicas na transação justifica incluir considerações sobre múltiplos aspectos sociais, econômicos e políticos na decisão governamental.

Em última análise, o adequado funcionamento em longo e médio prazo dos esquemas de PSA depende da criação de mercados eficientes. Caberia ao governo somente convergir

seus esforços para fomentar transações comerciais entre usuários e fornecedores. Isso porque, mesmo admitindo que os serviços ambientais possuem valor econômico e trazem benefícios aos usuários demandantes, iniciativas voluntárias de PSA não têm ocorrido no Brasil (NOGUEIRA, 2013). Ao analisar os serviços de proteção hídrica, Nogueira (2013), baseado na pesquisa de Rosenberg (2012), concluiu que aspectos institucionais são os maiores obstáculos às iniciativas de PSA voluntário no país. Empresas de geração de energia hidrelétrica e de abastecimento público de água foram apontadas como as principais demandantes dos serviços. Entretanto, os investimentos em PSA não ocorrem devido a empecilhos que podem ser minimizados mediante intervenção governamental, como: “a insegurança jurídica, a presença ainda pequena da iniciativa privada e o alto custo de oportunidade dos proprietários rurais” (NOGUEIRA, 2013, p. 20).

Voltando à definição de Wunder (2005) de que o PSA deve ser pago para um serviço ecossistêmico bem definido, não se pode deixar de considerar a possibilidade de pagamento por um pacote de serviços ambientais ou ainda o potencial que serviço escolhido tem de colaborar para a conservação de outros serviços ecossistêmicos. A correlação espacial e ecológica entre diferentes serviços ecossistêmicos pode gerar uma espécie de efeito guarda-chuva, como demonstrado no estudo de Pagiola, Zhang e Colom (2010), que identificou as áreas prioritárias de conservação da biodiversidade, nas terras altas da Guatemala, passíveis de proteção mediante a implantação de esquemas de PSA de proteção hídrica.

Além disso, a quantificação de unidades do serviço é complexa. Em relação aos serviços de proteção hídrica, a quantificação compreende quantidade, qualidade e regularidade do fluxo (KOSOY *et al.*, 2007 *apud* ALSTON; ANDERSSON; SMITH, 2013). Os dados coletados devem informar sobre esses três fatores antes e depois da iniciativa e, assim, medir as alterações provocadas, que correspondem à adicionalidade<sup>3</sup>. Porém há limitações na capacidade técnica de avaliar o quanto o padrão de manejo e uso do solo vai afetar o fornecimento do serviço. Também é difícil isolar a contribuição efetiva de cada ação mitigatória e de cada proprietário. Por essa razão, vários programas condicionam o pagamento às entradas e não às saídas (ALSTON; ANDERSSON; SMITH, 2013). Ou seja, o serviço é

---

<sup>3</sup> O conceito de adicionalidade foi desenvolvido, em seu contexto original, para serviços ambientais de redução das emissões gases do efeito estufa. Trata-se de um “critério estabelecido pelo artigo 12 do Protocolo de Quioto, ao qual estão submetidos os projetos desenvolvidos através do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. Sob este critério, uma atividade deve, comprovadamente, resultar na redução de emissões de Gases de Efeito Estufa ou no aumento de remoções de CO<sub>2</sub> de forma adicional ao que ocorreria na ausência de uma atividade de projeto. Tal critério tem como objetivo avaliar se a atividade proporciona uma redução real, mensurável e de longo prazo para a mitigação das mudanças climáticas” (IPAM, [s.d.]). O conceito de adicionalidade está sendo utilizado, neste trabalho, com a mesma finalidade e conceito semelhante, porém aplicado aos serviços de proteção hídrica.



pago em função das alterações do padrão de uso e manejo do solo e não da adicionalidade em quantidade, qualidade e regularidade do fluxo de água. Não obstante, a quantificação do serviço é essencial para as etapas de diagnóstico e monitoramento, permitindo avaliar a eficácia, a adicionalidade e os ganhos ambientais (e monetários) dos instrumentos adotados.

A condicionalidade do pagamento também depende do monitoramento para informar aos gestores caso o serviço não esteja sendo fornecido, dando causa à interrupção do pagamento (ALSTON; ANDERSSON; SMITH, 2013). Porém, os custos de monitoramento devem ser os menores possíveis, permitindo a obtenção das informações necessárias, sem onerar excessivamente os custos de transação. Assim, a escolha de estratégias de monitoramento eficazes e com baixos custos são essenciais para o sucesso do projeto.

O monitoramento integra os custos diretos do programa de PSA. Custos diretos abrangem os gastos com o planejamento, implantação, manutenção e monitoramento, inclusive os recursos humanos necessários, estudos preliminares, o valor destinado ao pagamento dos produtores e outros. Além destes, o custo total inclui custos indiretos e custos de oportunidade (NOGUEIRA; JUNIOR, 2011). Custos totais elevados podem ser proibitivos à implantação do projeto, afinal, os custos de transação devem ser menores do que o valor dos benefícios gerados com a adicionalidade dos serviços ambientais. Caso contrário, o uso de instrumentos de comando e controle pode ser mais indicado (ALSTON; ANDERSSON; SMITH, 2013).

Sant'Anna e Nogueira (2012) realçam que estudos de valoração econômica conduzidos antes da implantação do PSA são importantes para orientar o valor a ser pago, de modo a contribuir para o sucesso da iniciativa. A quantificação e valoração de unidades de serviço ambiental ampliam a base científica do projeto e motivam o envolvimento dos agentes econômicos, informando claramente o que está sendo pago, quanto e por que (NOGUEIRA, 2013). Os valores da transação devem variar entre o mínimo que os fornecedores estão dispostos a receber e o máximo que os usuários estão dispostos a pagar. Pagamentos muito baixos podem não ser suficientes para convencer um grande número de proprietários rurais a alterar o seu comportamento ou podem promover a alteração apenas enquanto não surgir uma oportunidade mais lucrativa de uso da terra.

Dentre os métodos de valoração mais conhecidos estão: a) Método de Valoração Contingente, b) Método Custos de Viagem; c) Método Custos Evitados, d) Método dos Preços Hedônicos, e) Método Dose Resposta, f) Método de Custo de Reposição e g) Método de Custo de Oportunidade (SANT ANNA; NOGUEIRA, 2012). Diferentes situações

requerem o uso de diferentes técnicas ou a combinação delas. Não cabe aqui, tendo em vista os objetivos da pesquisa, explicar o que cada um propõe, apenas ressaltar a existência de diferentes métodos de valoração. Não obstante, a realização de estudos econômicos envolve custos e a maioria dos programas de PSA não emprega qualquer método de valoração. Sant'Anna e Nogueira (2012) analisaram 25 programas de PSA na América Latina e constataram que apenas sete conduziram estudos de valoração econômica na fase de planejamento. O método mais utilizado foi o Custo de Oportunidade, seguido da Valoração Contingente e, em apenas um caso, o Custo Evitado (SANT ANNA; NOGUEIRA, 2012).

Finalmente, cumpre destacar que o PSA não é um instrumento aplicável a todas as situações em que se almeja melhoria da qualidade ambiental. Ele pode ser uma solução adequada caso se observem condições sociais, ambientais, econômicas e políticas favoráveis, dentre elas:

(...) a identificação e mensuração de um ou mais serviços ambientais, as evidências da relação entre o uso e ocupação do solo com a oferta do serviço, os baixos custos de transação, a ausência de substitutos viáveis para os usuários dos serviços e a inexistência de bloqueio por parte dos atores com maior poder de barganha. (NOGUEIRA, 2013)

## *2.2.2. Experiências na América Latina*

As experiências de gestão ambiental mediante implantação de PSA têm se difundido em países da América do Sul e da América Central. O programa de PSA nacional da Costa Rica é um dos mais famosos. Por ter sido pioneiro, implantado em 1996, esse Programa gerou diversos estudos e publicações que ajudaram a difundir amplamente o PSA (PEREVOCHTCHIKOVA; TAMAYO, 2012). A experiência da Costa Rica influenciou o surgimento de diversas outras iniciativas, com estrutura semelhante, na América Latina. O apoio do Banco Mundial e outras organizações internacionais também foram decisivos para a expansão desse novo instrumento de gestão ambiental. Assim, atualmente é possível encontrar uma ampla literatura sobre experiências de PSA na América Latina.

A ênfase dos programas latino-americanos tem sido em serviços de sequestro de carbono e proteção hídrica. Evidenciam-se dificuldades de conciliar diferenças culturais e assimetrias entre diversos setores da população. Iniciativas de PSA também tem enfrentado resistências e hostilidades de grupos que as enxergam como tentativas de comoditização da natureza. Amplos esforços tem sido empregados no desenvolvimento de diferentes modelos

de PSA e estratégias de gestão (BALVANERA et al., 2012), criando tecnologias ecológicas, econômicas e sociais passíveis de transferência. Assim, serão apresentadas, em linhas gerais, algumas experiências de PSA na América Latina e seus principais ganhos, limitações e desafios.

Dentre os países da América Latina que têm adotado estratégias de PSA, o México se destaca por contar com o maior número de programas. Em particular, ao conceber o seu programa de PSA de proteção hídrica (PSA-H), o governo do mexicano assumiu o desafio de implementá-lo como política nacional. Apesar do caráter nacional gerar uma série de obstáculos, ele também suscita a possibilidade de obter maior alcance e maiores benefícios ambientais.

O PSA-H mexicano foi criado em 2003 com o objetivo de promover proteção hídrica, diminuir o desmatamento ao longo dos cursos d'água e reduzir a pobreza. Posteriormente, a racionalidade do Programa foi alterada para alcançar objetivos de desenvolvimento econômico, incluindo o manejo e uso sustentável dos recursos florestais. Além disso, o PSA-H passou a se articular com outros programas de PSA, que abarcam serviços de proteção da biodiversidade, captura de carbono e implantação de agroflorestas (PEREVOCHTCHIKOVA; TAMAYO, 2012).

Em princípio, o PSA-H foi financiado com a receita da cobrança pelo uso da água. Depois, foi criado o Fundo Florestal Mexicano e os programas de PSA receberam apoio financeiro do Banco Mundial e do Fundo Mundial para o Meio Ambiente (GEF). Os pagamentos variam de MEX\$ 300,00 a 400,00 (aproximadamente R\$ 57,00 a 75,00) por hectare ao ano (PEREVOCHTCHIKOVA; TAMAYO, 2012). Na maioria dos casos, os vendedores, proprietários da terra, são núcleos agrários formados por camponeses que habitam a região há muitos anos.

Na escolha dos beneficiários, o PSA-H prioriza áreas com maior probabilidade de desmatamento e com baixo custo de oportunidade<sup>4</sup>. Assim, o Programa espera gastar menos por hectare e abarcar uma área maior, ao mesmo tempo em que gera benefícios ambientais em locais mais ameaçados. No curto prazo, essa lógica poderia maximizar a eficiência dos investimentos. Ramírez (2011), todavia, argumenta que há perda de robustez, ou seja, a capacidade que tem o Programa de se manter no tempo, mesmo após cessado o pagamento. Isso porque as áreas com alto risco de desmatamento, como aquelas localizadas na fronteira de expansão agrícola, são também as que sofrem maior pressão econômica para conversão ao

---

<sup>4</sup> Custo de oportunidade, neste caso, equivale à perda de rendimentos sofrida pelo proprietário do imóvel em função da restrição na utilização dos recursos ambientais.

longo do tempo. Portanto, a preservação apenas se sustentaria enquanto o pagamento se mantivesse e enquanto fosse a melhor opção disponível. Como os valores pagos são baixos, há chances substanciais de que o proprietário, no médio ou longo prazo, venha a remover a floresta para desenvolver outras atividades mais lucrativas que se tornem disponíveis no futuro. Além disso, para a maximização da proteção ambiental, o critério de prioridade deve ser selecionar áreas com maior importância para o fornecimento de serviços ecossistêmicos. Não necessariamente, essas localidades apresentarão o menor custo de oportunidade. Os critérios de escolhas de beneficiários do PSA-H, portanto, refletem limitações ao modelo adotado.

Um dos maiores desafios para a continuidade do PSA-H é conseguir fortalecer esquemas de PSA locais e autofinanciados, pois os recursos governamentais são limitados para conseguir honrar os compromissos assumidos em âmbito nacional. Ao mesmo tempo, há dificuldade de encontrar compradores locais dispostos a pagar pelos serviços. As tendências futuras para o aporte de financiamento ao Programa apontam para a obtenção de recursos internacionais de créditos de carbono (associados à recuperação florestal ao longo da Bacia), o aproveitamento sustentável dos recursos florestais e a criação de pacotes de serviços ecossistêmicos. O monitoramento deficiente, a insuficiências de estudos científicos e a sobreposição da dimensão social sobre a ecológica são fatores mencionados como limitações do modelo aplicado no México (PEREVOCHTCHIKOVA; TAMAYO, 2012).

Na Colômbia, o projeto de PSA de proteção hídrica PROCUENCA foi implantado em 2002, na Bacia do rio Chinchiná. Trata-se de uma região com alta importância ecológica, econômica e social que tem sofrido forte antropização desde a metade do século XIX. A principal ameaça à integridade da Bacia é o desmatamento de grandes áreas para a expansão agropecuária e a extração de madeira (BLANCO; WUNDER; NAVARRETE, 2005).

O objetivo do PROCUENCA é incentivar a proteção dos recursos hídricos por meio da conservação, manejo e uso sustentável das áreas de floresta estratégicas para a regulação hídrica. O Programa envolve outros serviços ambientais, como a captura de carbono, que gera recursos para financiar o reflorestamento. Grande parte dos investimentos financeiros, entretanto, são provenientes da receita da cobrança pela concessão dos serviços de fornecimento de água. A FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura) atua como parceira, oferecendo apoio técnico às ações desenvolvidas (BLANCO; WUNDER; NAVARRETE, 2005).

Um aspecto notável do PROCUENCA é que ele não envolve pagamentos diretos. Os principais mecanismos de incentivo são os subsídios para o reflorestamento, a isenção de imposto sobre as propriedades que mantêm áreas protegidas e as servidões ecológicas. Esta última modalidade estabelece restrições ao uso da terra, com finalidade ambiental, que são registradas na escritura do imóvel, mediante contrapartida não monetária para os proprietários. Essa contrapartida pode envolver benefícios como o acesso a mercados de cafés especiais ou outras práticas, que variam de acordo com os interesses de cada proprietário (BLANCO; WUNDER; NAVARRETE, 2005).

Como resultado, entre os anos de 2002 a 2005, houve a adesão de 232 proprietários, vinculando 3.427,6 ha de área, com 2.939 ha de áreas já plantadas utilizando técnicas de manejo florestal sustentável. Foram feitas 30 solicitações de isenção de imposto, das quais 18 já haviam sido aprovadas até 2005, alcançando 2.000 ha de área de propriedades que mantêm florestas preservadas (BLANCO; WUNDER; NAVARRETE, 2005).

Os desafios mais importantes do PROCUENCA são manter a sustentabilidade a longo prazo, envolver os atores locais, aprimorar o monitoramento para dimensionar o serviço ambiental prestado e incentivar pesquisas científicas sobre as interações dos componentes dos ecossistemas regionais (BLANCO; WUNDER; NAVARRETE, 2005).

Outra estratégia de PSA desenvolvida na Colômbia, no Vale do rio Cauca, merece destaque por apresentar características interessantes quanto à estrutura de gestão. O Vale do Cauca é uma das regiões mais férteis e produtivas do país. Os principais cultivos praticados são cana de açúcar, café e frutas. A grande demanda de recursos para irrigação, associada a características ambientais regionais, tem causado escassez sazonal de água. A erosão também é identificada como um problema ambiental significativo (BLANCO; WUNDER; NAVARRETE, 2005).

A autoridade ambiental governamental local CVC (Corporação Autônoma Regional do Vale do Cauca), a associação de produtores de cana Asocaña e a organização não governamental regional Corpocuenca adotaram a estratégia empreendedora: mobilizar e organizar os usuários de água que estão à jusante em associações com a finalidade promover a proteção hídrica da Bacia. Foram criadas 15 associações, com 3.825 usuários, o que corresponde à 90% da demanda hídrica em suas respectivas bacias (BLANCO; WUNDER; NAVARRETE, 2005). Cada associação tem autonomia para definir os projetos de conservação de áreas à montante da Bacia que receberão financiamento. As atividades subsidiadas incluem restauração ambiental, produção de mudas, melhoria dos canais de

captação, educação ambiental, aquisição de terras para conservação e outros. O financiamento é privado, fornecido voluntariamente pelos associados e corresponde a uma sobretaxa na cobrança pelo uso da água, proporcional à quantidade de água consumida. Para incentivar a contribuição às associações, a CVC inicialmente concedeu 25% de desconto taxa de água para os proprietários que pagassem a sobretaxa. Blanco, Wunder e Navarrete (2005) registraram que, até o momento, as associações haviam arrecadado US\$ 4,8 milhões (aproximadamente R\$ 12.088.800,00).

As características distintivas apontadas para o sucesso do projeto foram: a iniciativa das organizações de incentivo (CVC, Asocaña e Corpocuenca), a confiança dos proprietários na CVC, o prestígio da Asocaña, a capacidade contributiva dos usuários (empresas agropecuárias ou produtores de alta e média renda) e a percepção dos usuários acerca da escassez de água e da importância de sua conservação. O principal desafio que se apresenta é a manutenção das contribuições diante de mudanças nas políticas institucionais, pois a nova gestão da CVC tem aumentado o valor de cobrança pelo uso água e retirou o desconto que havia concedido inicialmente. Quanto às limitações do modelo, observou-se que os projetos são fragmentados e não há monitoramento, o que impede a avaliação de adicionalidade, efetividade e condicionalidade (BLANCO; WUNDER; NAVARRETE, 2005).

No Brasil, as iniciativas de PSA são recentes e têm se difundido de forma gradual. A maioria desses programas têm âmbito local, possui baixo alcance e obtém financiamento dos comitês de bacias e fundos públicos, não dos usuários (WHATELY; HERCOWITZ, 2008 *apud* NOGUEIRA, 2013). Uma das iniciativas brasileiras que se destaca na proteção de recursos hídricos, com financiamento majoritariamente privado, é o Projeto OASIS. A Fundação Grupo Boticário de Proteção à Natureza administra o Projeto, em parceria com governos locais. Outras empresas, públicas e privadas, oferecem suporte financeiro.

O Projeto OASIS paga os proprietários de terras na bacia para a manter e restaurar a vegetação nativa que oferece proteção aos recursos hídricos adjacentes. A iniciativa teve início em São Paulo, em 2006, e foi replicada em Apucarana/PR em 2009, em São Bento do Sul em 2012 e tem perspectiva de expansão para outras regiões. A ampliação do Projeto trouxe o desafio de adaptá-lo a realidades diversas (YOUNG *et al.*, 2012).

Em São Paulo, a área aonde o projeto se estabeleceu é usada principalmente para lazer. A dimensão média das propriedades é de 60 ha e os pagamentos mensais variam de R\$100,00 à R\$7.000,00. Em Apucarana, as propriedades têm destinação majoritariamente rural, com áreas médias de 20 ha. As médias de pagamentos mensais para os proprietários paranaenses

estão entre R\$80,00 e R\$597,00. Esse valor chega a representar um aumento de até 100% da renda de alguns produtores (YOUNG *et al.*, 2012).

Novas perspectivas para aperfeiçoar o Projeto OASIS incluem aprimorar a metodologia de cálculo dos valores pagos, alcançar maior envolvimento das autoridades e comunidade locais (para que elas se apropriem do Projeto) e promover a sustentabilidade dos pagamentos a longo prazo (YOUNG *et al.*, 2012). Outro desafio que se apresenta é relativo ao sistema de monitoramento. Young *et al.* (2012) sugeriram a adoção de um índice de performance agregando indicadores de integridade hídrica, conservação florestal, modificações no custo de produção, alteração social e boas práticas agrícolas.

## **2.3. O Programa Produtor de Água**

### *2.3.1. Concepção e estrutura do Programa*

Em 2005, foi implementado no município de Extrema/MG, o Projeto Conservador das Águas, precursor do Programa Produtor de Água. O Projeto foi concebido pela ANA e desenvolvido em parceria com a organização ambiental The Nature Conservancy – TNC, o governo local e outros. Algumas características favoráveis determinaram a escolha do município como o local a receber a primeira experiência de desenvolvimento do Projeto. Entre elas, está o fato de que Extrema possui várias nascentes integrantes da Sub-bacia dos rios Jaguari e Jacareí, que fornecem água para abastecer a Região Metropolitana de São Paulo, por meio do Sistema Cantareira.

O apoio do governo local também foi fundamental para a viabilidade e o êxito da iniciativa (KFOURI; FAVERO, 2011). Os pagamentos aos proprietários são efetuados pela prefeitura, por meio de um fundo municipal, criado por lei especificamente para este fim. O fundo pode receber repasses e doações de parceiros, inclusive de empresas privadas. Os resultados positivos do Projeto em Extrema ensejaram a expansão de seu modelo de PSA no Brasil (KFOURI; FAVERO, 2011).

Após a implementação pioneira em Extrema, a ANA lançou o Programa Produtor de Água. Trata-se de uma iniciativa nacional de pagamento por serviços ambientais para proprietários de terras em áreas onde há fornecimento estratégico de água, ameaçado por degradação ambiental. O Manual Operativo do Programa Produtor de Água (2012) explica o

funcionamento do Programa e foi utilizado como referência para as informações apresentadas neste item.

Para ter acesso ao Programa Produtor de Água, os candidatos podem solicitar a parceria da ANA ou responder aos editais de chamamento público. Os interessados podem estar organizados em arranjos diversos, incluindo comitês de bacias, o poder público local, companhias de abastecimento de água e outros. A ANA, com o apoio de organizações parceiras públicas e privadas, articula o projeto e fornece financiamento e assistência técnica. Entretanto, a ANA não provê recursos para o pagamento de serviços ambientais aos proprietários. Esses recursos devem ser aportados por empresas, prefeituras, comitês ou fundos locais, que participam como compradores dos serviços.

A estrutura do Programa foi desenvolvida com base em sistemas e cálculos de sedimentologia. Apesar dos processos erosivos serem naturais, estratégias de manejo e uso do solo não conservacionistas aumentam a perda de solos a taxas superiores às de formação de solos. A remoção da cobertura vegetal nas áreas de APP, as queimadas e o uso excessivo de máquinas são algumas das práticas promotoras de processos acelerados de erosão no país (BRASIL; AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2012).

A perda de solo provoca perda de qualidade e volume das águas, causando sedimentação e assoreamento dos rios. Estima-se que “os prejuízos anuais da sedimentação no Brasil, referentes à perda de vida útil de reservatórios e a custos adicionais de tratamento de água, somam mais de US\$ 1 bilhão” (HERNANI *et al.*, 2002 *apud* CHAVES *et al.*, 2004, p. 5 e 6). Outro prejuízo relevante é a perda de terras férteis. Os solos submetidos à erosão e lixiviação intensas tendem a se exaurir mais rapidamente, o que leva os produtores a abrirem novas áreas para a exploração econômica, criando um passivo ambiental de áreas degradadas ainda maior.

O uso inadequado da terra para agricultura e pastagem promove a compactação dos solos, reduzindo a infiltração da água. Da mesma forma, o abatimento da erosão apresenta uma alta correlação positiva ( $R=0,77$ ) com a redução do escoamento superficial (USDA-SCS, 1972 *apud* BRASIL; AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2012). Assim, o abatimento da erosão também apresenta uma correção positiva com o aumento da infiltração da água no solo, contribuindo para ampliar a recarga dos aquíferos e a disponibilidade de água durante a estação seca (BRASIL; AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2012).

Diante disso, os ganhos do Programa Produtor de Água estão em reduzir os impactos sociais e ambientais da erosão acelerada e aumentar a taxa de infiltração e recarga de



aquíferos. Para tanto, além dos pagamentos aos proprietários, são executadas obras de infraestrutura para a conservação de solos, como a construção de barragens de captação e infiltração de água da chuva, terraceamento, subsolagem e readequação estradas vicinais.

Além do controle mecânico de processos erosivos, podem ser executadas ações de recuperação florestal, educação ambiental, pavimentação dos canais de captação de água e outras. A recuperação florestal deve privilegiar o plantio de espécies nativas em áreas legalmente protegidas e pode incluir o cercamento da área.

A ANA tem competência de gestão em bacias interestaduais. Além do atendimento a essa condição, a seleção de bacias prioritárias para o desenvolvimento do Programa observa diversos critérios, incluindo o grau de ameaça ambiental e de conflitos, os usos prioritários, o interesse dos proprietários e a situação do gerenciamento dos recursos hídrico, conforme listado abaixo:

A sub-bacia hidrográfica que atender a, pelo menos, um dos critérios descritos a seguir, é elegível, sendo prioritária aquela que atender o maior número deles:

- I. ser um manancial de abastecimento de água para uso urbano ou industrial;
- II. ser um manancial de fornecimento de água para a geração de energia elétrica;
- III. estar inserida em bacias hidrográficas que já tenham os instrumentos de gestão, previstos na Lei 9.443/97, implementados;
- IV. estar inserida em uma bacia hidrográfica cujo Plano de Recursos Hídricos identifique problemas de poluição difusa de origem rural, erosão e déficit de cobertura vegetal em áreas legalmente protegidas;
- V. ter um número mínimo de produtores rurais interessados que possa viabilizar a aplicação do Programa;
- VI. estar em situação de conflito de uso dos recursos hídricos;
- VII. estar sujeita a eventos hidrológicos críticos recorrentes (BRASIL; AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2012, p. 19).

Após a seleção da bacia, parceiros locais elaboram Projetos Individuais de Propriedade (PIP) para os produtores interessados. A adesão dos proprietários é voluntária e o pagamento é proporcional às práticas de manejo e conservação que cada um se dispõe a adotar, dentro da cartela de opções indicadas no PIP. Os projetos prioritariamente selecionados são aqueles capazes de que oferecer um maior aporte de serviço ambiental. O passo seguinte é a assinatura de contratos individuais, que propiciam o início das obras de infraestrutura.

Após um a dois anos da assinatura do contrato, os produtores podem começar a receber o PSA. Os pagamentos são proporcionais à qualidade dos serviços fornecidos, conforme os critérios sintetizados no Quadro 1. Antes do pagamento, é necessária uma vistoria de certificação da propriedade, para indicar o grau em que foram implementadas as

práticas estabelecidas no contrato. Caso o mínimo não tenha sido atingido, pode haver advertência ou penalidade.

As atividades de monitoramento devem ser mantidas ao longo do processo para verificar os benefícios ambientais gerados e a efetividade geral do programa em promover a melhoria da integridade hídrica. Porém, os pagamentos estão condicionados aos *inputs*, ou seja, às melhorias contratuais implementadas e mantidas pelos produtores, e não aos *outputs*. Deste modo, os dados de monitoramento não influenciam os pagamentos.

O Valor de Referência de Pagamento (VRP) é calculado com base no custo de oportunidade do produtor. Considera-se como custo de oportunidade “a receita que o produtor rural deixa de auferir quando destina uma determinada área para ser ocupada com vegetação nativa” (BRASIL; AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2012, p. 20). O VRE adotado no Programa corresponde ao:

custo de oportunidade de uso de um hectare da área objeto do projeto, expresso em R\$/hectare/ano...baseado na atividade agropecuária mais utilizada na região, ou em um conjunto de atividades que melhor represente os ganhos médios líquidos obtidos na sua utilização (BRASIL; AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2012, p. 20)

Sobre o VRE, aplicam-se ponderações de acordo com o uso do solo, gratificando mais os proprietários que já possuem áreas preservadas:

- 1,25 VRP para áreas de vegetação nativa conservadas, que já prestam o serviço ambiental e não requerem recursos do projeto para se adequarem;
- 1,00 VRP para áreas que precisam de recuperação da floresta nativa;
- 0,50 VRP para áreas agropecuárias que receberam manejo para redução da erosão, pois além do PSA, o produtor ainda auferir a receita com a exploração econômica da terra.

O VRP referente ao controle de erosão em áreas agropecuárias varia de acordo com a quantidade e a qualidade das práticas conservacionistas adotadas pelos proprietários. Utiliza-se, como indicador, o Percentual de Abatimento da Erosão (PAE) na propriedade, em toneladas por hectare por ano (CHAVES *et al.*, 2004).

A definição do PAE envolve a estimativa de erosão em cada propriedade antes do início do Programa, para estabelecer a linha de base, e após implantação do Programa. Para o cálculo, utiliza-se uma versão simplificada da Equação Universal de Perda de Solo (USLE,

acrônimo em inglês)<sup>5</sup>. Considerando que, após a prática conservacionista, vários parâmetros da Equação permanecem iguais, é possível calcular o PAE com base em apenas duas variáveis: o fator de uso e manejo do solo convencional (antes da prática conservacionista) e o fator de uso e manejo conservacionista (demonstração do modelo em CHAVES *et al.*, 2004). Esses fatores são constantes adimensionais cujos valores são tabelados para as atividades agrícolas e para florestas. No caso de terraceamento, é necessário incluir, no cálculo simplificado, a redução no fator de comprimento da rampa, que será proporcional à redução da erosão (demonstração do modelo em CHAVES *et al.*, 2004).

A simplificação adotada teve a vantagem de descomplicar os procedimentos de avaliação, realizados por agentes certificadores. Ao mesmo tempo, permitiram estimar o serviço ambiental prestado na propriedade e o percentual de poluição difusa. Isso porque os poluentes agrícolas normalmente são transportados para os rios adsorvidos em agregados do solo. O abatimento de erosão, portanto, pode ser assumido como proporcional ao abatimento de poluição (CHAVES *et al.*, 2004).

O valor do PSA para áreas reflorestadas também pode ser reduzido se o produtor não garantir a proteção adequada da área. O modelo de contrato apresentado pela ANA recomenda que sejam adotados os critérios para o cálculo dos valores a serem pagos resumidos no Quadro 1.

**Quadro 1:** Síntese classes sugeridas para o cálculo do PSA proporcional à qualidade do serviço prestado para cada modalidade de prática conservacionista.

#	Modalidade	Classes para o cálculo do PSA proporcional à qualidade do serviço prestado			
<b>I</b>	Conservação de solo	25-50% de Percentual de Abatimento de Erosão (PAE)	51-75% de Percentual de Abatimento de Erosão (PAE)	>75% de Percentual de Abatimento de Erosão (PAE)	
<b>II</b>	Restauração ou Conservação de APP e/ou RL	Restauração com carência de zelo (30% a 50% de perda)	Restauração medianamente cuidada (20% a 30% de perda)	Restauração bem cuidada (perda inferior a 20%)	Vegetação nativa preservada
<b>III</b>	Conservação de remanescentes de vegetação nativa (fora de RL e APP)	Estágio sucessional médio/avançado e 25 a 40% de restauração de déficit de APP ripária	Estágio sucessional médio/avançado e 41 a 80% de restauração de déficit de APP ripária	Estágio sucessional médio/avançado e >80% de restauração de déficit de APP ripária	Estágio sucessional médio/avançado sem déficit de APP ripária

<sup>5</sup> A USLE é dada pela seguinte equação (WISCHMEIER; SMITH, 1978 *apud* CHAVES *et al.*, 2004):  $A=R.K.L.S.C.P$ , na qual a média anual da perda de solo na gleba de interesse (A, em ton/ha.ano), é diretamente proporcional à erosividade da chuva e da enxurrada (R, em MJ mm/ha.h), à erodibilidade do solo (K, em t.ha.h/ha.MJ.mm), ao fator de comprimento de rampa (L, adimensional), ao fator de declividade da rampa (S, adimensional), ao fator de uso e manejo do solo (C, adimensional) e ao fator de práticas conservacionistas (P, adimensional).

		Estágio sucessional inicial e 25 a 40% de restauração de déficit de APP ripária	Estágio sucessional inicial e 41 a 80% de restauração de déficit de APP ripária	Estágio sucessional inicial e >80% de restauração de déficit de APP ripária	Estágio sucessional inicial sem déficit de APP ripária
--	--	---	---	---	--

**Fonte:** Adaptado das informações contidas em (BRASIL; AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2012).

Atualmente, o Programa está sendo desenvolvido em bacias hidrográficas no Mato Grosso do Sul, Santa Catarina, Espírito Santo, Paraná, Rio de Janeiro e Distrito Federal. Em novembro de 2014, foram selecionadas mais 13 bacias, em municípios no Mato Grosso, São Paulo, Minas Gerais e Sergipe, para receber o Programa Produtor de Água (ALVES, 2014). No DF, o projeto está sendo implementado na Bacia do Ribeirão Pipiripau, que integra a Bacia do Rio São Bartolomeu. A apresentação dessa experiência local com mais detalhes, no próximo item, oferece um quadro importante para delinear projetos de PSA na Bacia do Rio Preto/DF.

### *2.3.2. O Programa Produtor de Água no Ribeirão Pipiripau/DF*

A maior parte das informações sobre o Programa Produtor de Água no Ribeirão Pipiripau/DF foram obtidas em documentos do projeto e relatórios ambientais, principalmente o “Relatório de diagnóstico socioambiental da Bacia do Ribeirão Pipiripau” (THE NATURE CONSERVANCY *et al.*, 2010). Outra fonte importante de informações foram as entrevistas abertas realizadas com especialistas que participam do projeto. As primeiras entrevistas foram realizadas no dia 10 de outubro de 2014, com Albano Araújo, Coordenador de Conservação de Água Doce, e Eileen Andrea Acosta, Especialista em Água Doce, ambos da organização The Nature Conservancy do Brasil – TNC. A segunda entrevista ocorreu no dia 17 de outubro de 2014, com Henrique Marinho Leite Chaves, Professor do Departamento de Engenharia Florestal da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília – UnB. A terceira entrevista ocorreu em 20 de novembro de 2014, com Sumar Magalhães Ganem, Coordenador de Gestão Ambiental, da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do DF – EMATER/DF.

No Distrito Federal, o Programa Produtor de Água está sendo implementado na Bacia do Ribeirão Pipiripau, tributário da Bacia do Rio São Bartolomeu, que fornece vazão para a Região Hidrográfica do Paraná (DISTRITO FEDERAL; ADASA; ECOPLAN, 2012a). A Bacia distrital foi escolhida por apresentar alto grau de degradação ambiental, um grande

número de conflitos, importância estratégica no fornecimento de água para o DF e boa disponibilidade de dados (THE NATURE CONSERVANCY *et al.*, 2010).

O primeiro passo foi o diagnóstico socioambiental, apresentado em janeiro de 2010 (THE NATURE CONSERVANCY *et al.*, 2010). O diagnóstico identificou que uma das características marcantes da Bacia é o conflito entre o uso da água para a irrigação e o abastecimento urbano. Os dois principais usuários são a Companhia de Saneamento Ambiental do DF – CAESB e o Canal Santos Dumont.

A CAESB tem outorga de captação de 400 l/s, mas a captação média é de 280 l/s, devido às variações na vazão do rio ao longo do ano e à baixa qualidade da água em determinados períodos. A água captada abastece cerca de 180.000 pessoas na Região Administrativa de Planaltina, mas poderia alcançar 265.000 pessoas, caso fosse possível captar o volume total outorgado (CAESB, 2009 *apud* THE NATURE CONSERVANCY *et al.*, 2010).

A poucos metros, à montante da Bacia, está instalado o Canal Santos Dumont. O Canal leva água a cerca de 84 propriedades, aonde vivem cerca 440 pessoas, que dependem da irrigação para manter suas atividades econômicas, centradas na produção de hortaliças. A outorga permite a captação de 350 l/s, mas há perdas médias expressivas de 267 l/s ao longo do caminho<sup>6</sup>. Há outros 260 usuários cadastrados ao longo da Bacia, que destinam cerca de 78% da água captada para a irrigação (ANA, 2004 *apud* THE NATURE CONSERVANCY *et al.*, 2010).

Sumar M. Ganem relatou que tem se observado conflitos, ao longo dos anos, entre os produtores e a CAESB. Antes da implantação do Programa, já havia rodízio para uso da água durante os períodos críticos. Devido ao grande número de conflitos durante reuniões dos comitês, a ANA identificou a necessidade de implantação do Programa. As reuniões dos comitês incluem os usuários de água na Bacia e representantes do governo.

No diagnóstico socioambiental, foram mapeadas 424 propriedades, com área total de 23.527 hectares. As propriedades têm em média 48 ha, mas 9 propriedades, entre 370 e 1.588 ha, ocupam 34% da área total da Bacia e 188 propriedades, com até 20 ha, ocupam apenas 8%. Somadas, as duas categorias de propriedades com áreas acima da média, entre 93 e 370 ha e 370 a 1.588 ha, representam 61% da área total. A prática predominante é a agricultura, que ocupa 71% da área total da Bacia (THE NATURE CONSERVANCY *et al.*, 2010)

---

<sup>6</sup> Este valor representa as perdas médias de vazão no Canal Santos Dumont, no período de março a outubro, por “infiltração no canal, por infiltração e evaporação nos reservatórios existentes nas propriedades e dos sistemas de irrigação” (ANA, 2004 *apud* THE NATURE CONSERVANCY *et al.*, 2010, p. 17).

Sobre as atividades econômicas desenvolvidas na Bacia, Sumar. M. Ganem relatou que cerca de 10.000 ha (quase metade da área total) são constituídos por grandes produtores de grãos (soja, feijão, milho, sorgo). Há também médias e pequenas propriedades com produção diversificada: grãos, hortifrutigranjeiros, gado de leite, eucalipto. Uma área recentemente reconhecida como assentamento rural, no rio Taquara (tributário do Ribeirão Pipiripau), foi também incorporada ao Programa. Essa área conta com mais de 158 produtores, e ocupa cerca de 3.000 ha. Segundo Sumar, trata-se de uma área carente de assistência técnica e recursos, com pouca água, que pratica principalmente agricultura de sequeiro.

O diagnóstico socioambiental se baseou no conceito Área Ativa de Rio – AAR para a definição das áreas mais favoráveis à geração de serviços ambientais de proteção hídrica. O relatório interno de “Avaliação econômica e socioambiental do retorno do investimento da implantação do Projeto Produtor de Água na Bacia do Ribeirão Pipiripau (DF/GO)”, não publicado, mas gentilmente cedido pelo autor, Henrique M. L. Chaves, explica que a Área Ativa do Rio é “uma zona ripária mais ampla, definida a partir da rede de drenagem e da topografia da bacia, visando garantir a sustentabilidade dos processos físicos e ecológicos, associados com a hidrografia” (Smith *et al.*, 2008 *apud* CHAVES, 2012, p. 21). A partir deste conceito, foram estabelecidos passivos ambientais de APP e RL e áreas de erosão acelerada dentro da AAR. Erosão acelerada foi definida como “aquela superior a 10 t/ha.ano, são indicativas de um processo de degradação permanente dos solos (acima do valor de erosão tolerável)” (BERTINI; LOMBARDI NETO, 1991; CHAVES, 1996 *apud* CHAVES, 2012). Estes locais são considerados prioritários para a intervenção, tanto para a restauração da vegetação ripária, quanto para a conservação dos solos. Áreas fora da AAR, como estradas vicinais, sujeitas a erosão acelerada também podem ser recomendadas para inclusão no Programa.

Henrique M.L. Chaves, que participou da concepção do Programa Produtor de Água, esclareceu que as áreas consideradas prioritárias são aquelas de maior suscetibilidade à erosão, comparadas à linha de base. A ênfase recaiu sobre o critério de adicionalidade, ou seja, calcular, em relação à linha de base atual, o percentual de abatimento da erosão proporcionado pelo Programa. Também foram estimados os benefícios das ações previstas utilizando métodos de valoração monetária. O desenvolvimento do Programa se baseou em critérios recomendados pela Organização Mundial do Comércio para proteção ambiental, de forma a não caracterizar um subsídio ilegal.

Em 21 de dezembro de 2011, assinaram o Termo de Cooperação Técnica para desenvolvimento do Produtor de Água no Pípiripau os seguintes órgãos públicos e organizações, cada qual com funções próprias (BRASIL; AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2011):

- Agência Nacional de Águas – ANA
- Ministério da Integração Nacional – MI
- Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal - ADASA
- Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – CAESB
- Secretaria de Agricultura e Desenvolvimento Rural do Distrito Federal – SEAGRI/DF
- Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal – IBRAM
- Assistência Técnica e Extensão Rural do Distrito Federal – EMATER/DF
- Fundação Banco do Brasil – FBB
- Banco do Brasil – BB
- Fundação Universidade de Brasília – FUB
- Instituto de Conservação Ambiental *The Nature Conservancy* do Brasil – TNC
- World Wildlife Foundation Brasil – WWF-Brasil
- Conselho Nacional do Serviço Social da Indústria – SESI

O pagamento direto dos serviços ambientais prestados produtores rurais coube à CAESB, valendo-se do aporte de recursos para abatimento parcial da compensação ambiental devida pela empresa. Os repasses aos produtores são feitos pela ADASA, mediante convênio com a CAESB (BRASIL; AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2011). No site da ADASA estão divulgados 18 contratos ativos referentes ao Programa, todos assinados em 2013, com prazo de validade de 5 anos. Os valores referentes a estes 18 contratos somam R\$185.073,63, com média de R\$2.056,37 por produtor ao ano (DISTRITO FEDERAL; ADASA, 2014). O Valor de Referência de Pagamento (VRP) corresponde a R\$160,00/ha.ano, e pode ser reduzido em função da qualidade do serviço prestado (DISTRITO FEDERAL; AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO DISTRITO FEDERAL, 2012). Adaptando o padrão utilizado no Quadro 1 aos parâmetros e ao VRP definidos para o Programa, são obtidas as seguintes classes de valor de PSA, proporcionais à qualidade dos serviços prestados (Quadro 2):

O valor de referência do PSA (R\$160,00) foi estipulado em um patamar um pouco superior à quantia definida como o custo de oportunidade de renúncia de uso da terra,

correspondente a R\$137,00/ha.ano. Este último valor foi obtido por estudos da EMATER/DF (dados não disponíveis), mediante o cálculo dos “custos de oportunidade, utilizando o retorno econômico simulado da atividade pecuária na bacia” (THE NATURE CONSERVANCY *et al.*, 2010, p. 53). A pecuária foi escolhida por ser a atividade com menor risco, dentre aquelas praticadas na região.

**Quadro 2:** Síntese classes sugeridas para o cálculo do PSA proporcional à qualidade do serviço prestado para cada modalidade de prática conservacionista do Programa Produtor de Água no Ribeirão Pipiripau.

#	Modalidade	Classes para o cálculo do PSA proporcional à qualidade do serviço prestado			
<b>I</b>	Conservação de solo	<b>R\$ 30,00</b> 25-50% de Percentual de Abatimento de Erosão (PAE)	<b>R\$ 50,00</b> 51-75% de Percentual de Abatimento de Erosão (PAE)	<b>R\$ 80,00</b> >75% de Percentual de Abatimento de Erosão (PAE)	
<b>II</b>	Restauração ou Conservação de APP e/ou RL	<b>R\$ 50,00</b> Restauração com carência de zelo (30% a 50% de perda)	<b>R\$ 90,00</b> Restauração medianamente cuidada (11% a 30% de perda)	<b>R\$ 160,00</b> Restauração bem cuidada (perda inferior a 10%)	<b>R\$ 200,00</b> Vegetação nativa preservada
<b>III</b>	Conservação de remanescentes de vegetação nativa (fora de RL e APP)	<b>R\$ 50,00</b> Estágio sucessional médio/avançado e 25 a 40% de restauração de déficit de APP ripária	<b>R\$ 90,00</b> Estágio sucessional médio/avançado e 41 a 80% de restauração de déficit de APP ripária	<b>R\$ 160,00</b> Estágio sucessional médio/avançado e >80% de restauração de déficit de APP ripária	<b>R\$ 160,00</b> Estágio sucessional médio/avançado sem déficit de APP ripária
		<b>R\$ 40,00</b> Estágio sucessional inicial e 25 a 40% de restauração de déficit de APP ripária	<b>R\$ 50,00</b> Estágio sucessional inicial e 41 a 80% de restauração de déficit de APP ripária	<b>R\$ 80,00</b> Estágio sucessional inicial e >80% de restauração de déficit de APP ripária	<b>R\$ 80,00</b> Estágio sucessional inicial sem déficit de APP ripária

**Fonte:** Adaptado das informações contidas em (DISTRITO FEDERAL; AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO DISTRITO FEDERAL, 2012)

Segundo Albano Araújo, o aporte monetário para o pagamento dos produtores não é o maior custo do projeto, representando cerca de 15 a 20% dos investimentos totais. O subsídio indireto que o produtor recebe em serviços é maior do que o valor do PSA, funcionando como um suplemento aos pagamentos. Albano explicou que uma das vantagens para os proprietários que aderem ao Programa é obter a recuperação de suas áreas de APP e RL, encargos que eles posteriormente teriam que assumir, com recursos próprios.

O Edital de “Pagamento por Serviços Ambientais a Produtores Rurais”, foi lançado em 2012 (DISTRITO FEDERAL; AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO DISTRITO FEDERAL, 2012). O Edital estabeleceu a divisão da Bacia do Ribeirão Pipiripau em 6 trechos, para implementação gradual das ações. Cada



trecho foi definido em função da localização das estações fluviométricas de monitoramento. As seguintes ações foram previstas:

- Recuperação das APP degradadas, que na maioria incluem as matas ciliares;
- Recuperação das áreas de reserva legal;
- Proteção aos remanescentes preservados de vegetação nativa;
- Execução de obras de conservação de solo nas áreas produtivas e estradas vicinais;
- Incentivo à utilização de práticas agrícolas menos impactantes e de uso racional da água, que inclui a substituição de sistemas de irrigação convencionais por aqueles que consumam menor vazão de água;
- Recuperação do Canal Santos Dummont;
- Pagamento aos produtores rurais participantes pelo serviço ambiental gerado;
- Monitoramento dos resultados através da análise dos recursos hídricos e da biodiversidade da região. (DISTRITO FEDERAL; AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO DISTRITO FEDERAL, 2012)

Albano Araújo destacou que a pavimentação dos canais de coleta de água é uma estratégia de restauração hídrica importante para o Ribeirão Pipiripau. A recuperação florestal também assumiu uma função de destaque, apesar do Programa ter sido inicialmente desenvolvido com o foco em recuperação dos solos. O gestores do projeto, segundo Albano, perceberam que mais investidores eram atraídos para financiar o reflorestamento. Isso porque, do ponto de vista de marketing ambiental, as empresas alcançam um impacto maior divulgando ações ambientais de plantio de árvores. As atividades de conservação dos solos têm muitos aspectos técnicos e são menos atrativas para investidores. No Programa do Pipiripau, o SESI está oferecendo aporte financeiro para o plantio de mudas.

Sumar M. Ganem informou que está previsto o plantio de 60.000 mudas. As mudas de espécies nativas para o reflorestamento estão sendo produzidas em parceria com a Rede Semente, uma organização não-governamental local. Foi criado um viveiro para a produção das mudas e, após a conclusão das ações do Programa, a estrutura poderá ser aproveitada em outras iniciativas.

A EMATER tem a função de facilitar a comunicação entre os gestores e os produtores rurais. As responsabilidades da Empresa incluem a mobilização dos agricultores e a elaboração dos projetos individuais, que indicam as ações conservacionistas recomendáveis para cada propriedade. Sumar M. Ganem relatou que as atividades de mobilização envolveram visitas aos produtores e eventos, com informações e palestras. De acordo com Sumar, os técnicos dos escritórios locais da EMATER no Pipiripau têm bastante atuação local e contato pessoal com

os produtores, o que contribuiu para a credibilidade do projeto. Apesar da desconfiança inicial, o projeto foi bem recebido e os produtores estão cientes da importância de conservar a água. Sumar estima que, nos trechos 1 e 2, onde o projeto já está sendo implementado, e no trecho 3, onde os trabalhos estão se iniciando, houve adesão de 80 produtores e outros 50 processos estão em andamento, totalizando cerca de 130 propriedades. Os produtores, em geral, aderem voluntariamente a várias modalidades de ações conservacionistas, inclusive os grandes produtores. Após a aprovação dos Projetos Individuais de Propriedade, são firmados os contratos com a ADASA e os produtores passam a receber os pagamentos no ano seguinte.

No estágio atual, Sumar informou que cerca de sete ou oito produtores já receberam o primeiro pagamento e mais quinze estão em fase de vistoria. Antes da aprovação do pagamento, uma equipe faz a vistoria da propriedade para verificar o cumprimento dos termos do acordo e calcular o valor a ser pago. Outros produtores já estão recebendo o plantio de mudas e as atividades de proteção do solo também já foram iniciadas. Sumar acredita que o plantio das mudas deve se acelerar a partir de agora, porque recentemente o IBRAM definiu a localização da área de RL nas propriedades ao longo da Bacia.

Adicionalmente, Sumar informou que a gestão dos projetos foi estruturada em vários Grupos de Trabalho (GT) e uma Unidade de Gestão do Projeto, com representantes das instituições parceiras. Cada GT coordena uma determinada atividade do projeto, incluindo reflorestamento, conservação do solo, pagamento por serviços ambientais, monitoramento e outras. Um novo GT está sendo criado para coordenar ações de educação ambiental.

O monitoramento é realizado em diferentes áreas: social, hidrológica, biodiversidade, além do monitoramento das intervenções. A TNC tem sido parceira do Programa Produtor de Água em diversas iniciativas, desde o início do projeto em Extrema. Dentre as funções que a TNC tem desempenhado, está o monitoramento hidrológico e de pegada hídrica e capacitação para o monitoramento. Eileen Andrea Acosta relatou que resultados preliminares de monitoramento hidrológico da estratégia implementada em Extrema tem sido positivos no sentido de uma maior regularidade no fluxo do rio (dados ainda não publicados). Também explicou que uma das dificuldades técnicas de implementar programas de PSA no Cerrado é o alto custo de oportunidade da terra. Iniciativas de pagamento pela água e compra de terras para a preservação são também importantes e devem ser confrontadas, do ponto de vista da efetividade, com a alternativa de implantação do PSA.

Albano Araújo ressaltou que uma das possibilidades para desenvolvimentos futuros do projeto é priorizar áreas com maior potencial de recarga, pois esses produtores prestam mais

serviços ecossistêmicos. Seria possível, inclusive, pagar valores maiores para as áreas ambientalmente mais importantes.

A UnB tem colaborado principalmente por meio de estudos científicos, modelagem de processos sedimentológicos e desenvolvimento de instrumentos econômicos. Henrique M. L. Chaves destacou que o Programa Produtor de Água tem se expandido notavelmente, com mais de 20 intervenções desde 2001. Uma das principais dificuldades enfrentadas é a aprovação dos projetos individuais. Henrique aponta que as perspectivas de avanço do Programa, em termos de estudos e produção científica, incluem a avaliação de outros benefícios hidroambientais, como a redução do risco de contaminação da água por poluentes agrícolas.

Sumar M. Ganem informou que há perspectivas de ampliação do Programa Produtor de Água no DF, para as Bacias do Rio Descoberto e Paranoá. A Bacia do Rio Descoberto é considerada prioritária, porque contribui com mais de 50% da água para abastecimento urbano no DF. Os estudos de diagnóstico ambiental da área já foram iniciados. O Lago Paranoá também é candidato em função da perspectiva de captação para abastecimento urbano no futuro próximo.

### 3. CARACTERÍSTICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PRETO/DF

#### 3.1. Contexto geral do bioma Cerrado

##### 3.1.1. Características físico-bióticas

O Cerrado ocupa 2.036.448 km<sup>2</sup>, aproximadamente 23,9% do território brasileiro, se estendendo por 12 estados (IBGE, 2004). Ocupa a porção central do país, conectado a outros quatro biomas brasileiros: Amazônia, Pantanal, Caatinga e Mata Atlântica. Nas zonas de transição entre os biomas, chamadas ecótonos, há alta biodiversidade (DISTRITO FEDERAL; AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO DISTRITO FEDERAL, 2012), com elevado endemismo para alguns grupos, “como os lagartos (45%), plantas superiores (44%) anfisbenídeos (50%) e plantas herbáceas (70%)” (COSTA; OLSZEWSKI, 2008). Uma parcela significativa da diversidade biológica está nas matas de galeria, que ocupam apenas 5% do bioma, mas abrigam 32% da biodiversidade (FELFILI *et al.*, 2001 *apud* BRASIL; MMA, 2011).

Devido à grande heterogeneidade de topografias, solos e climas, o Cerrado apresenta diversas fitofisionomias, estabelecendo um gradiente de formações campestres (campo sujo, campo cerrado e campo limpo), savânicas (cerrado sentido restrito e campo ralo) e florestais (cerradão e mata seca) (EITEN, 1994; RIBEIRO; WALTER, 1998 *apud* MACHADO *et al.*, 2008). Outras formações vegetais encontradas no bioma incluem as matas de galeria e as veredas (OLIVEIRA, 2009).

A precipitação média anual está entre de 1.200 a 1.800 mm, variando de 600 a 800 mm nas proximidades da Caatinga e de 2.000 a 2.200 mm no limite com a Amazônia (OLIVEIRA, 2009). As chuvas ocorrem em períodos sazonais bem definidos, com a estação seca durando de 4 a 7 meses, enquanto a temperatura média anual varia de 22 a 27 °C (ADÂMOLI *et al.*, 1986 *apud* OLIVEIRA, 2009).

As principais classes de solos que ocorrem no Cerrado são os Latossolos (46%), Neossolos Quartzarênicos (15,2%) e Argissolos (15,1%). A presença de Latossolos e no Cerrado têm grande importância para a recarga de aquíferos, pois são solos bem drenados e muito profundos (em geral, mais de 2m de profundidade). Apresentam baixa capacidade de armazenamento de água, alto grau de intemperização, com pH forte a medianamente ácido

(entre 4,0 e 5,5). Os Latossolos são “formados por uma mistura em que predominam óxidos hidratados de ferro e/ou alumínio, ou argilominerais 1:1, com capacidade de troca de cátions (CTC) muito baixa” (BRASIL; MMA, 2011). Assim, o conteúdo de matéria orgânica do solo é essencial para o armazenamento de água para as plantas, o ciclo de nutrientes e a formação de agregados (RESCK, 1998 apud BUSTAMANTE; FERREIRA, 2011). Os Latossolos contêm alto teor de matéria orgânica (1 a 5% nas camadas superficiais), mas o carbono aí encontrado possui baixa reatividade. Portanto, os Latossolos naturalmente apresentam baixa fertilidade.

### *3.1.2. Características socioeconômicas e impactos do padrão de ocupação e uso da terra*

As atividades humanas inicialmente se concentravam em locais aonde os solos são mais férteis, como nas margens dos rios, aonde podem ser encontrados solos mais jovens, mais férteis e mais úmidos (COSTA; OLSZEWSKI, 2008). Esse tipo de uso do solo esteve associado a características da frente de expansão agropecuária de subsistência e não foi suficiente para imprimir dinamismo à ocupação do Cerrado. Outras frentes de expansão que se seguiram e têm influenciado a conversão de áreas de vegetação nativa são: as frentes de pecuária bovina tradicional e extensiva, as frentes de agricultura comercial moderna e as frentes especulativas (MUELLER; MARTHA JÚNIOR, 2008).

A expansão e modernização das atividades agropecuárias no Cerrado foram impulsionadas pelo desenvolvimento de técnicas de correção da acidez e preparo do solo, bem como espécies de gramíneas e grãos adaptados ao clima local e outras tecnologias, com forte atuação da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Técnicas como a calagem e a adubação corretiva permitiram melhorar a produtividade dos Latossolos e Neossolos Quartzarênicos (COSTA; OLSZEWSKI, 2008). Outros fatores que promoveram o crescimento da agropecuária no bioma foram a disponibilidade de terras, o desenvolvimento de infraestrutura de transportes, o crescimento da demanda por commodities agrícolas, mudanças nas políticas macroeconômicas e políticas públicas de expansão agropecuária (MUELLER; MARTHA JÚNIOR, 2008).

Nos últimos anos, o Brasil assumiu posição de liderança em produção e exportação agrícola, com contribuição crescente do Cerrado. No ano de 2008, foram produzidas no Cerrado 58% dos 52 milhões de toneladas de soja da safra brasileira (RESCK *et al.*, 2008). Os

censos agropecuários do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia Estatística) demonstram o expressivo crescimento da produção brasileira:

Entre 1975 e 1996, a área de pastagens plantadas da região aumentou a uma taxa média anual de 4,8%, passando de 17,8 milhões de hectares para 49,2 milhões de hectares. E, nesse mesmo período, a área com lavouras cresceu 3% ao ano, elevando-se de 9,2 milhões de hectares para 13,1 milhões de hectares. Em conjunto, essas duas formas de uso da terra responderam por cerca de 85% da área antropizada em estabelecimentos em 1996. (MUELLER; MARTHA JÚNIOR, 2008)

Os dados acima revelam uma das consequências perversas do acelerado avanço da fronteira agropecuária sobre o Cerrado: a elevada antropização de áreas nativas e a degradação ambiental. No último relatório de monitoramento do desmatamento do bioma Cerrado divulgado pelo MMA (Ministério do Meio Ambiente), estimou-se que, até 2010, 48,54% de vegetação havia sido suprimida, com 50,84% de vegetação remanescente e 0,62% de corpos d'água (BRASIL *et al.*, 2011). A taxa média anual de perda de vegetação nativa do Cerrado desde 1985 é de 1,1% ao ano (MACHADO *et al.*, 2004 *apud* BUSTAMANTE; OLIVEIRA, 2008), caracterizando um processo de ocupação intenso e recente que teve início na década de 1970 (BRAGA JÚNIOR; DOMINGUES, 2008). As maiores taxas de desmatamento foram verificadas nos estados de Maranhão e Piauí (BRASIL *et al.*, 2011), o que coincide com a tendência de expansão da fronteira agrícola do Cerrado para regiões ao norte, ainda pouco exploradas. Tais tendências indicam que “a conversão de sistemas naturais para uso agrícola deve continuar e, em face aos surtos agrícolas, como os recentes, pode-se esperar aceleração da abertura de áreas” (MUELLER; MARTHA JÚNIOR, 2008).

No cenário atual de ocupação, a perda estimada de biodiversidade é de 13% do total de espécies atualmente conhecidas. Esse percentual pode chegar a um quarto da biodiversidade em um cenário de 75% de conversão do habitat (MACHADO *et al.*, 2008), sem considerar a perda da biodiversidade que ainda nem chegou a ser descrita ou reconhecida.

A proteção do bioma é insuficiente, com apenas 7,44% da área total protegida em unidades de conservação, dentre as quais somente 2,91% estão sob regime de proteção integral (BRASIL *et al.*, 2011). As mudanças de uso do solo em áreas de atividade agropecuária mais consolidadas, ao sul do bioma, geraram remanescentes de área nativa entre 13% a 30%, distribuídos de forma fragmentada (SANO, 2007 *apud* MUELLER; MARTHA JÚNIOR, 2008).

A substituição da vegetação nativa pode alterar as interações entre a biosfera e a atmosfera. As espécies nativas têm raízes mais profundas e desenvolvidas do que as plantas cultivadas. O estoque de biomassa e carbono no Cerrado varia de acordo com a localidade e a fitofisionomia observada. Estudos distintos indicam que há maior estoque de biomassa subterrânea associada à formações vegetais florestais. Em análise comparativa do teor de biomassa em quatro diferentes fitofisionomias do Cerrado, a biomassa subterrânea chegou a ser 7,7 vezes maior em relação à aérea (CASTRO; KAUFFMAN, 1998 apud BUSTAMANTE; OLIVEIRA, 2008). Assim, além da perda de biomassa aérea, há alteração no estoque de carbono subterrâneo.

Apesar da importância da biomassa da vegetação nativa, cerca de 80% do estoque de carbono no Cerrado está concentrada na matéria orgânica do solo (MOS) (ROSCOE et al., 2000 apud BUSTAMANTE; FERREIRA, 2011). O impacto das atividades agropecuárias sobre a química dos solos, com as alterações de seus estoques de carbono, podem alterar os ciclos biogeoquímicos em escala local e regional (BUSTAMANTE; OLIVEIRA, 2008). A estrutura do solo também sofre impactos. A conversão de áreas de cerrado em pastagem reduz a formação de microagregados e a retenção de água nas camadas superficiais do solo (BALBINO *et al.*, 2004 apud BUSTAMANTE; OLIVEIRA, 2008). Os processos de erosão e lixiviação se tornam acelerados, promovendo assoreamento dos rios e perda de nutrientes dos solos (BUSTAMANTE; OLIVEIRA, 2008).

A estação seca prolongada favorece a ocorrência e dispersão de queimadas no bioma. A ocorrência de fogo no Cerrado “é considerado um dos fatores naturais determinantes da estrutura e do funcionamento do bioma” (BUSTAMANTE; OLIVEIRA, 2008). Porém, as queimadas têm se intensificado devido à expansão das atividades agropecuária, utilizada como técnica de manejo agropecuário para renovar a pastagem, abrir novas áreas e até para combater pragas (BRASIL; MMA, 2011). Bustamante e Oliveira (2008) apontam estudos indicando que as queimadas na década de 80 ocorriam em média a cada 2 a 4 anos e, a partir da década de 90, passaram a ocorrer anualmente. Tais modificações geram impactos no ciclo biogeoquímicos, diminuição da infiltração da água no solo, perda de estoque de biomassa, acréscimo do fluxos de gases para a atmosfera, aumento na temperatura, redução das chuvas e, em última análise, alteração dos ciclos hidrológicos (BUSTAMANTE; OLIVEIRA, 2008).

O crescimento do agronegócio no Cerrado nos últimos anos promoveu crescimento econômico na região. Verificou-se um aumento da renda e do IDH (Índice de

Desenvolvimento Humano), ainda que com ressalvas quanto ao avanço pequeno na desconcentração de terras e na conquista de bem estar social (MUELLER; MARTHA JÚNIOR, 2008). Do ponto de vista ambiental, também houve melhorias das técnicas de plantio e pastagem, como o plantio direto, a rotação de culturas, o terraceamento e o manejo adequado dos pastos, com maiores possibilidade de coexistência equilibrada dos recursos naturais com a produção de alimentos. Contudo, as modificações realizadas nos ecossistemas já assumiram proporções graves nas áreas de ocupação mais consolidadas do Cerrado, com taxas de degradação de áreas de pastagem que chegam a 50% do total (BARCELOS, 1996 *apud* BUSTAMANTE; OLIVEIRA, 2008). Além disso, as frentes agropecuárias continuam se expandido sobre áreas ainda não antropizadas de forma acelerada (MUELLER; MARTHA JÚNIOR, 2008).

### *3.1.3. Situação dos recursos hídricos*

Os recursos hídricos do Cerrado possuem importância nacional, pois o bioma está presente em 9 das 12 regiões hidrográficas brasileiras e contém nascentes de 6 dessas regiões, quais sejam: Amazonas, Tocantins/Araguaia, Parnaíba, São Francisco, Paraná e Paraguai. Além disso, o Cerrado contribui para as vazões de diversas regiões hidrográficas com, aproximadamente (BRASIL; MMA, 2011):

- 94% do São Francisco
- 71% do Tocantins/Araguaia
- 71% do Paraná/Paraguai
- 11% do Atlântico Norte/Nordeste
- 4% do Amazonas

No que tange à relação entre demanda e oferta hídrica em seus aspectos qualitativos, as regiões mais críticas estão nas bacias situadas mais ao sul do país (com alta demanda para irrigação, principalmente para a cultura do arroz inundado), na área ao redor de regiões metropolitanas (pela grande concentração populacional com alta demanda urbana e despejo de efluentes) e na quase totalidade do Nordeste (bacias da região do Semiárido, com baixa disponibilidade hídrica) (BRASIL; ANA, 2013).

O estado de conservação da vegetação nativa do Cerrado ao longo dessas bacias é variável. A Bacia do Paraná é a mais preocupante: da área original recoberta por Cerrado, restaram apenas 20% em suas cabeceiras e 18% ao longo da Bacia. A Bacia do São Francisco,



na qual se insere o Rio Preto, já perdeu mais da metade de seu Cerrado nativo, mantendo apenas 47% da cobertura vegetal original nas cabeceiras e 41% ao longo da Bacia (BRASIL; ANA, 2013). Como o Cerrado é considerado o “berço das águas” para importantes regiões hidrográficas brasileiras, a perda de vegetação ameaça a produção de água nessas regiões.

A integridade dos recursos hídricos depende da interação de diversos componentes dos ecossistemas. Em geral, a vegetação natural assegura melhores condições de qualidade, quantidade e fluxo de água, do que outros usos do solo. O custo de tratamento de água é 13 vezes maior na Bacia do Rio Piracicaba, aonde há apenas 4,3% de cobertura vegetal nativa, do que no Sistema Cantareira, cercado por 27,2% de vegetação nativa (MEDEIROS et al., 2011 apud BRASIL; ANA, 2013). A complexa interação dos componentes do ecossistema é afetada pela remoção da vegetação natural. Há redução da infiltração e da recarga dos aquíferos, bem como aumento do escoamento superficial. Mais sedimentos e poluentes chegam aos cursos d'água, promovendo assoreamento dos rios e redução da qualidade hídrica. A erosão nas margens dos corpos hídricos é intensificada, aumentando a vulnerabilidade à enchentes e eventos extremos (BRASIL; ANA, 2013). Todas essas relações entre a remoção da vegetação nativa e os impactos nos recursos hídricos e solos, contudo, necessitam ser mais profundamente pesquisadas no bioma e em áreas com distintas fitofisionomias e histórico de ocupação.

Considerando a tendência de expansão do agronegócio no Cerrado, há expectativa de aumento proporcional da pressão sobre os recursos hídricos e dos conflitos pelo uso da água, com destaque para o conflito entre irrigação e geração de energia elétrica. A irrigação é responsável por 72% da vazão efetivamente consumida (diferença entre a vazão de retirada e a vazão de retorno) no país e, nos últimos anos (entre 2006 e 2012) o incremento de irrigação foi superior ao incremento de áreas cultivadas (BRASIL; ANA, 2013). Pesquisas com dados obtidos globalmente indicam que somente 13 a 18% dos recursos hídricos captados são utilizados pela planta para a transpiração, o restante é perdido no armazenamento e transporte, por evaporação e por escoamento superficial ou drenagem (RESCK et al., 2008).

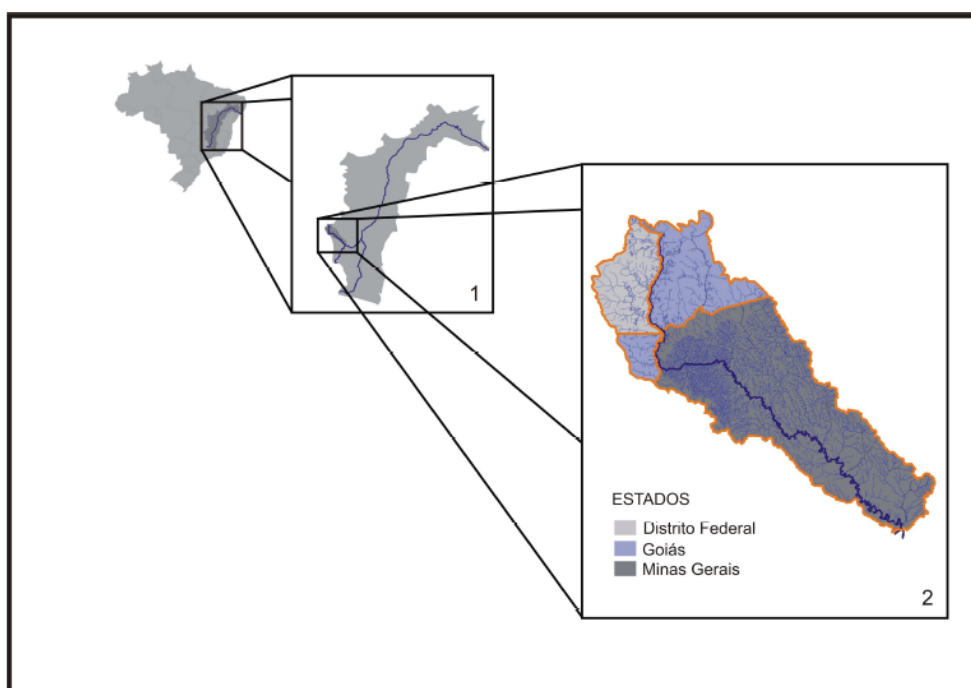
A inserção de culturas do sul e sudeste ao clima sazonal do Cerrado, ainda que submetidas à adequação genética e melhoria das técnicas de produção, aumentam o risco de uso intensivo da água por irrigantes. No caso da expansão da cultura de cana de açúcar em Goiás, tem sido observada a prática de irrigação não apenas em períodos críticos (BRAGA JÚNIOR; DOMINGUES, 2008). Em outras regiões como Barreiras/BA, quando comparadas a locais tradicionais de produção de cana de açúcar, como Piracicaba/SP, apresentam déficit

hídrico “mais longo e mais intenso, sinalizando a necessidade da irrigação e consequente uso e manejo eficientes da água naquela localidade” (SENTELHAS *et al.*, 2003 *apud* BRAGA JÚNIOR; DOMINGUES, 2008).

### 3.2. Características físico-bióticas da Bacia do Rio Preto

#### 3.2.1. Características gerais e localização

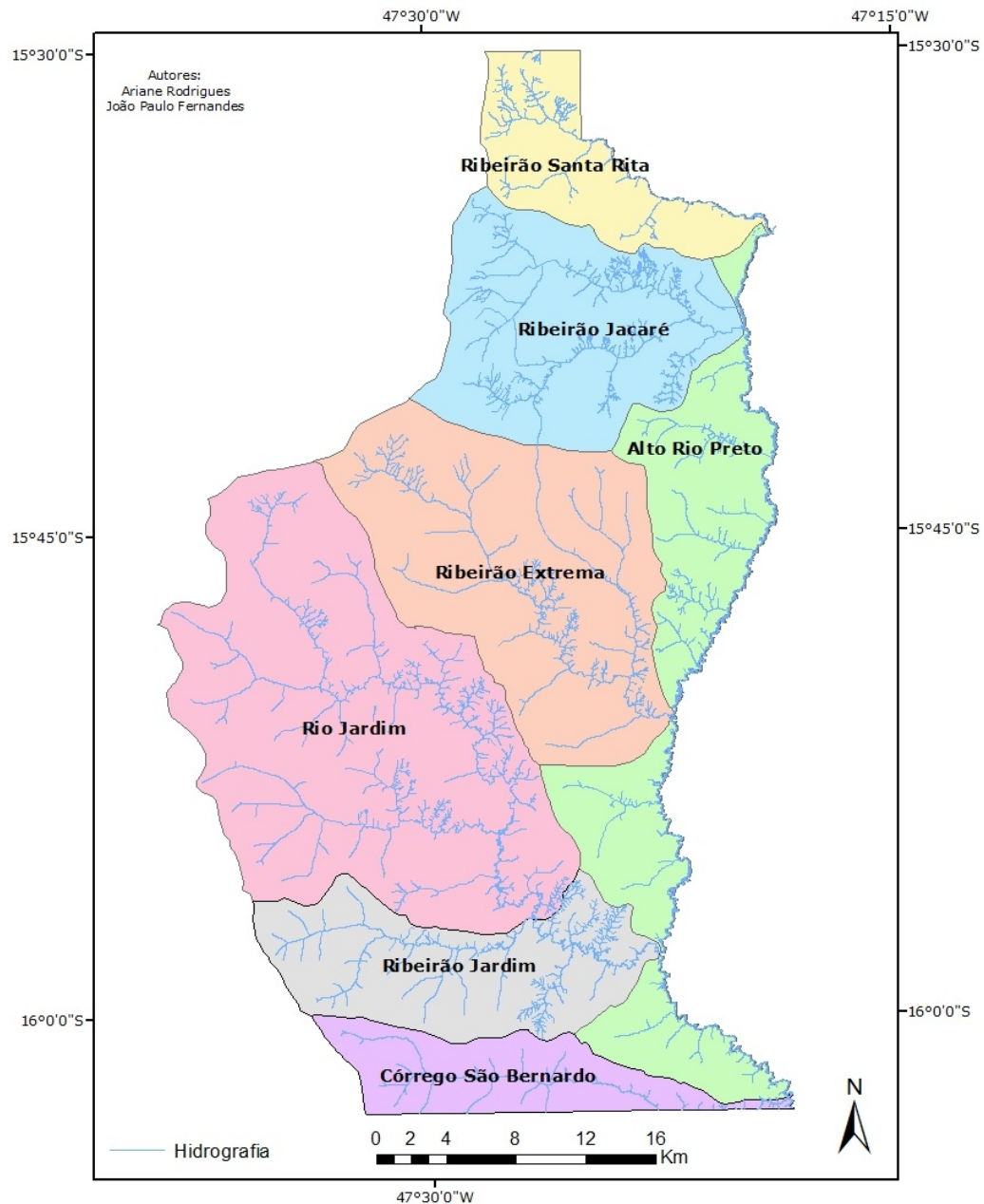
O Rio Preto nasce ao sul da cidade de Formosa/GO e corre em direção ao sudeste, até alcançar o Estado de Minas Gerais (CAMPOS; MONTEIRO; RODRIGUES, 2006). É o principal tributário do Rio Paracatu, que, por sua vez, é o afluente com maior contribuição (14%) para a vazão do Rio São Francisco (BRASIL *et al.*, 2004). A Bacia do Rio Preto possui área de drenagem de aproximadamente 10.500 km<sup>2</sup> (1.050.000 ha), abrangendo territórios dos Estados de Minas Gerais, Goiás e Distrito Federal (Figura 1), o que lhe confere caráter federal. Cerca de 13% da área total da Bacia (aproximadamente 136.500 ha) estão localizados no DF (CAMPOS; MONTEIRO; RODRIGUES, 2006), nas Regiões Administrativas de Planaltina e Paranoá (BRASIL *et al.*, 2004), inserida na Área de Proteção Ambiental do Planalto Central.



**Figura 1.** Localização da Bacia do Rio Preto em relação à Bacia do Rio São Francisco com destaque para a porção da Bacia correspondente a cada um dos 3 Estados (DF, GO e MG).

**Fonte:** Extraído de RODRIGUES *et al.*, 2007.

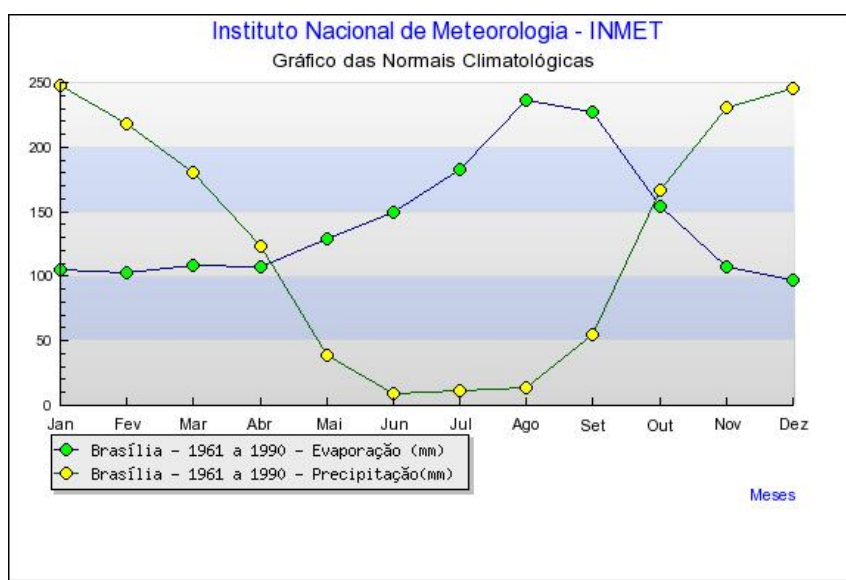
No Distrito Federal e entorno imediato, o Rio Preto foi dividido em 7 unidades hidrográficas de gerenciamento (Figura 2): Alto Rio Preto, Córrego São Bernardo, Ribeirão Extrema, Ribeirão Jacaré, Ribeirão Jardim, Ribeirão Santa Rita e Rio Jardim (BORGES, 2008).



**Figura 2.** Bacia do Rio Preto/DF com destaque para suas unidades hidrográficas de gerenciamento.  
**Fonte:** Adaptado de DISTRITO FEDERAL, 2012.

### 3.1.2. Clima e condições meteorológicas

No Distrito Federal, há predominância do clima tropical úmido, caracterizado por invernos secos e verões chuvosos, com média de precipitação maior que 1.100 mm/ano (DISTRITO FEDERAL; ADASA; ECOPLAN, 2012b). Os períodos de chuva e seca são bem marcados, com médias mensais inferiores a 50mm entre maio e agosto e superiores a 200mm entre novembro e fevereiro (Figura 3). As chuvas entre novembro e abril correspondem a cerca de 90% da precipitação anual (DISTRITO FEDERAL; ADASA; ECOPLAN, 2012b). O período de maior evaporação ocorre entre julho e setembro, logo antes do início do período de chuvas, nos meses com elevado déficit hídrico. A forte sazonalidade impõe restrições quantitativas aos recursos hídricos disponíveis (DISTRITO FEDERAL; ADASA; ECOPLAN, 2012b).



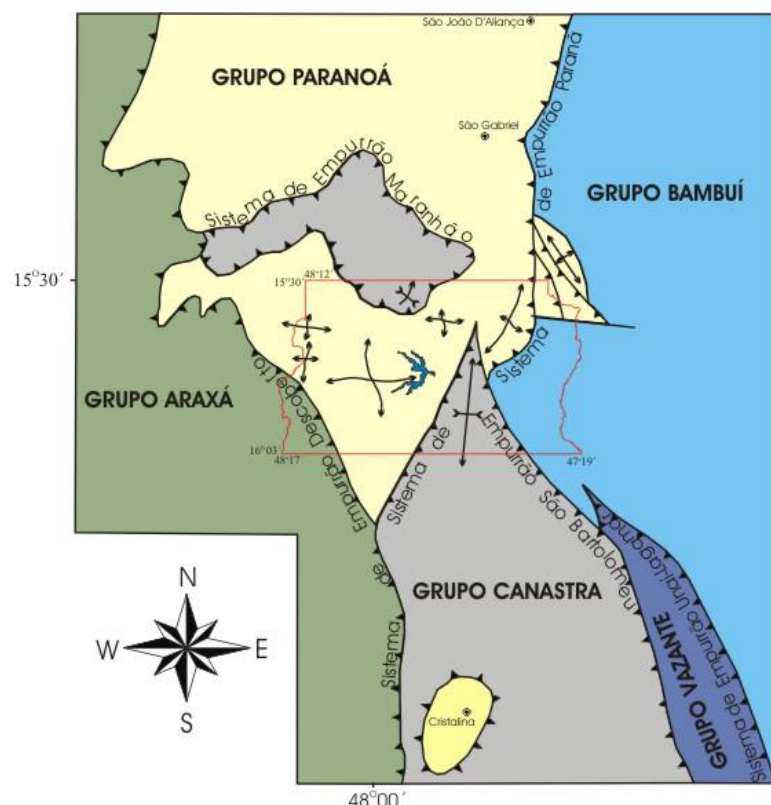
**Figura 3.** Normais climatológicas de precipitação e evaporação no DF, entre 1961 a 1990.

**Fonte:** Extraído de INMET, 2014

Características climáticas semelhantes, com forte sazonalidade, podem ser observadas em toda a extensão da Bacia do Rio Preto (DF, GO, MG), de modo que o longo período de estiagem requer o manejo eficiente dos recursos hídricos. As diferenças de precipitação ao longo da Bacia não são significativas, mas diferenças de altitude e distribuição da vegetação geram microclimas. Os principais parâmetros climáticos que definem o comportamento hídrico da Bacia do Rio Preto são a precipitação e a evaporação. As primeiras chuvas promovem o aumento da umidade do ar e a restauração da vegetação. As chuvas seguintes são importantes para a recarga dos aquíferos (CAMPOS; MONTEIRO; RODRIGUES, 2006).

### 3.1.3. Características geomorfológicas e geológicas

A Bacia do Rio Preto se localiza na porção leste do Distrito Federal, em uma área de empurrões e cavalgamentos de placas tectônicas sobre formações geológicas dos Grupos Bambuí, Paranoá e Canastra (Figura 4).



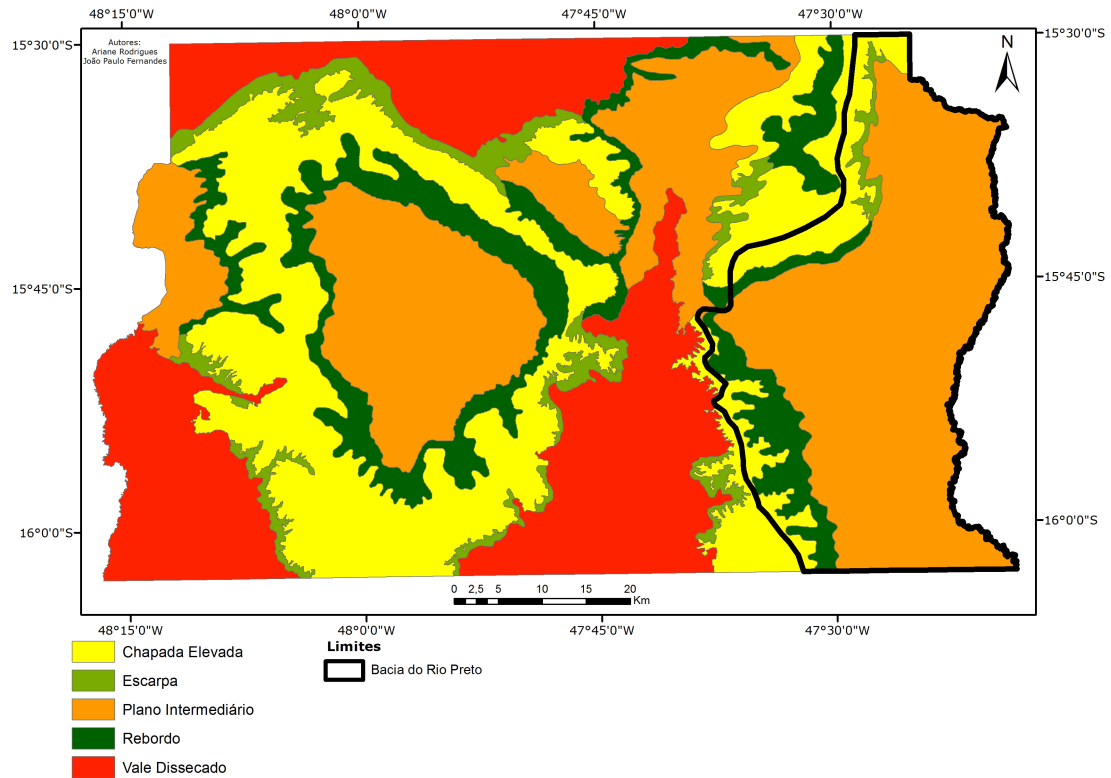
**Figura 4.** Distribuição dos empurrões e cavalgamentos regionais associados à geologia regional em que o Distrito Federal está inserido.

**Fonte:** Extraído de DISTRITO FEDERAL, 2012.

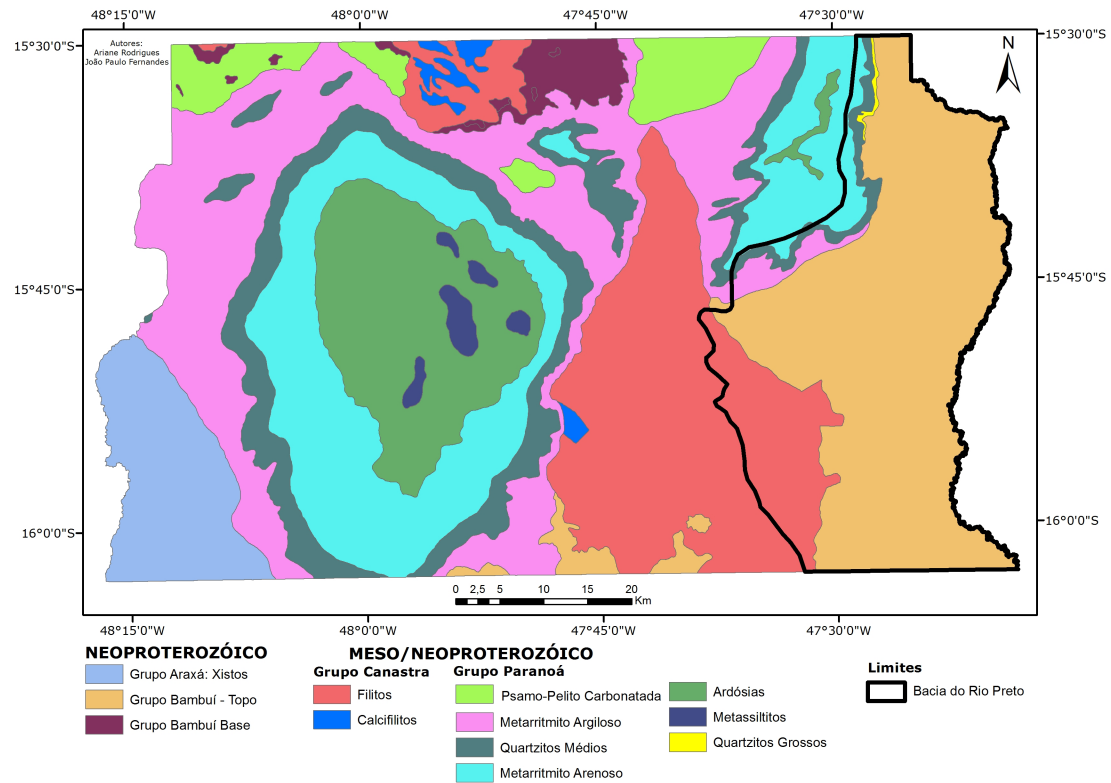
Conforme proposta de compartimentação geomorfológica apresentada no Zoneamento Ecológico Econômico do Distrito Federal (2012a), observa-se que há predomínio do compartimento Plano Intermediário, associado ao Grupo Bambuí (Figuras 5 e 6). Esse compartimento “exibe padrão de relevo plano a suave ondulado, baixa densidade de drenagem, ampla predominância de Latossolos, declividades inferiores 12% e cotas entre 950 e 1.050m” (DISTRITO FEDERAL, 2012a, p. 65). Este padrão geomorfológico favorece a instalação pivôs centrais para irrigação (BORGES et al., 2007).

No limite oeste da Bacia, há ocorrências do Grupo Paranoá, mais ao norte, e do Grupo Canastra, porção sul. Nas áreas de transição entre os conjuntos litológicos (Grupos Bambuí,

Paranoá e Canastra) o sistema de empurrões forma áreas de Chapada Elevada, Rebordos e Escarpa.



**Figura 5.** Formações Geomorfológicas do Distrito Federal, com destaque para a Bacia do Rio Preto.  
**Fonte:** Adaptado de DISTRITO FEDERAL, 2012.



**Figura 6.** Formações Geológicas do Distrito Federal, com destaque para a Bacia do Rio Preto.  
**Fonte:** Adaptado de DISTRITO FEDERAL, 2012.

As formações geológicas de topos do Grupo Bambuí prevalecem na área da Bacia do Rio Preto/DF. O Grupo Bambuí data do Neoproterozóico, é formado por terrenos aplainados, com alto grau de intemperismo. “O caráter predominantemente fino das rochas correlacionadas ao Grupo Bambuí constitui uma das razões responsáveis pelo potencial aquífero restrito dessas rochas, assim como o grau de fraturamento não muito denso” (CAMPOS; MONTEIRO; RODRIGUES, 2006, p. 29).

Também ocorrem, na porção distrital da Bacia, os Filitos do Grupo Canastra e Quartizitos Médios, Quartizitos Grossos, Metarritimito Argiloso e Metarritimito Arenoso do Grupo Paranoá. O Grupo Canastra forma serras e vales encaixados. A composição filítica do Grupo Canastra “não permite a circulação eficiente da água, em decorrência do restrito tamanho dos poros e da recristalização que, mesmo de baixo grau, oblitera a porosidade primária” (CAMPOS; MONTEIRO; RODRIGUES, 2006, p. 20). O Grupo Paranoá apresenta altas vazões relacionadas ao grau de fraturamento de suas unidades, principalmente os Quartizitos Médios (CAMPOS; MONTEIRO; RODRIGUES, 2006).

As características determinantes para a recarga natural na região, entretanto, são os atributos físicos do solo. Coberturas espessas de Latossolos sobre áreas aplainadas, com baixo escoamento, caracterizam importantes áreas de recarga natural (CAMPOS; MONTEIRO; RODRIGUES, 2006)

#### *3.1.4. Características pedológicas*

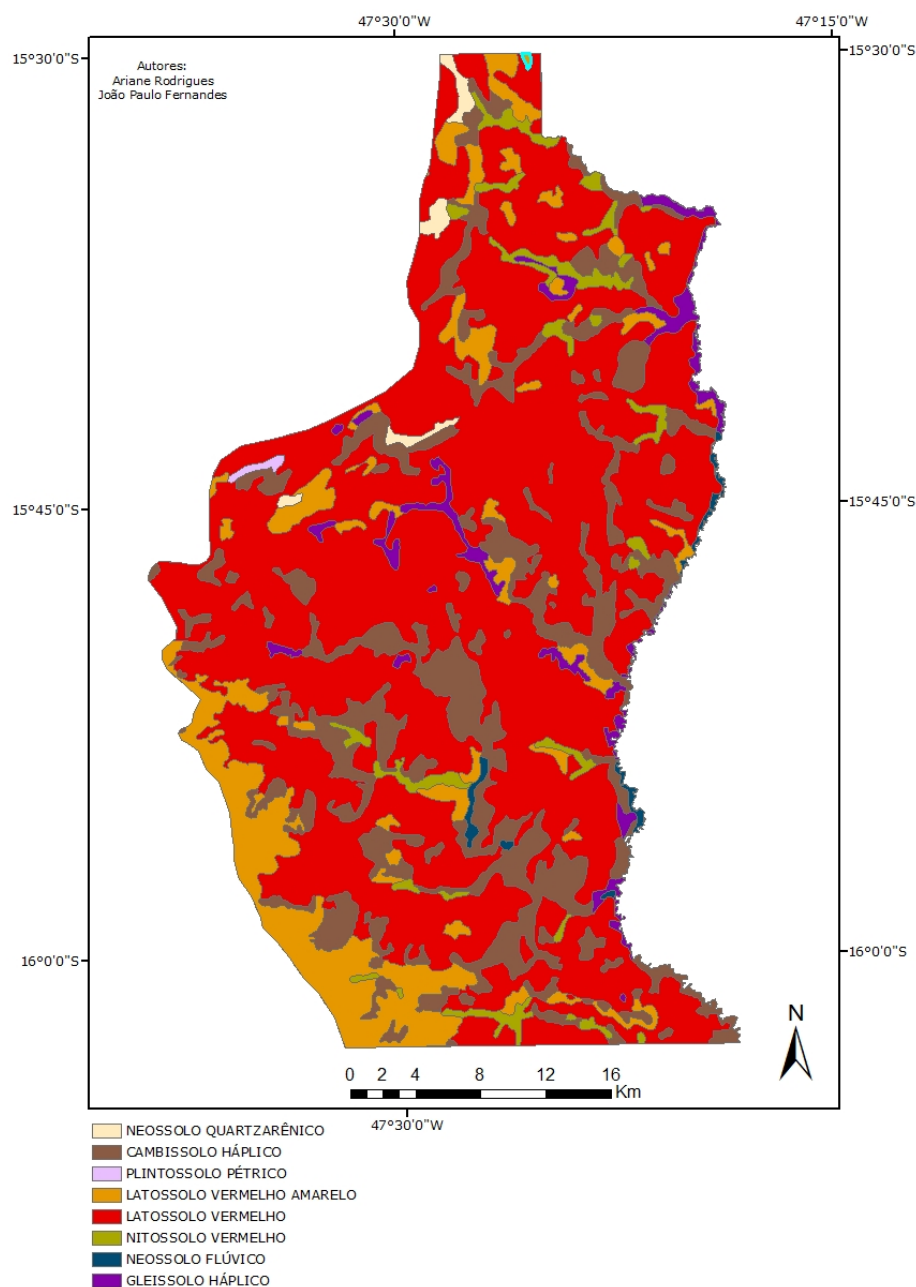
Estão amplamente representados na Bacia os Latossolos Vermelhos, Latossolos Vermelho-Amarelos e Cambissolos Háplicos e, em menor quantidade, Nitossolos Vermelhos, Gleissolos Háplicos, Neossolos Quartzarênicos, Neossolos Flúvicos e Plintossolos Pétricos (Figura 7).

Os Latossolos ocupam área planas a suave onduladas. São solos profundos, porosos, bem drenados, permeáveis, com alto potencial de uso agropecuário (SOUSA; LOBATO, [s.d.]). Apresentam características importantes para propiciar a recarga natural dos aquíferos:

As características intrínsecas dos Latossolos possibilitam o desenvolvimento de importantes aquíferos porosos e excelentes áreas de recarga para aquíferos fraturados. As grandes espessuras, associadas ao tipo de terreno aplainado, permitem que pouca quantidade de água seja perdida por



escoamento superficial. (CAMPOS; MONTEIRO; RODRIGUES, 2006, p. 34)



**Figura 7.** Principais classes de solos na Bacia do Rio Preto/DF.  
**Fonte:** Adaptado de DISTRITO FEDERAL, 2012.

Cambissolos são solos jovens, com pequena espessura, baixa permeabilidade e baixa porosidade eficaz. Apresentam comportamento hídrico semelhante aos Neossolos Litólicos, na medida em que “não constituem bons aquíferos porosos, bem como não representam áreas de recarga significativa, uma vez que apresentam espessuras restritas e possuem moderada a baixa capacidade de infiltração” (CAMPOS; MONTEIRO; RODRIGUES, 2006, p. 35).



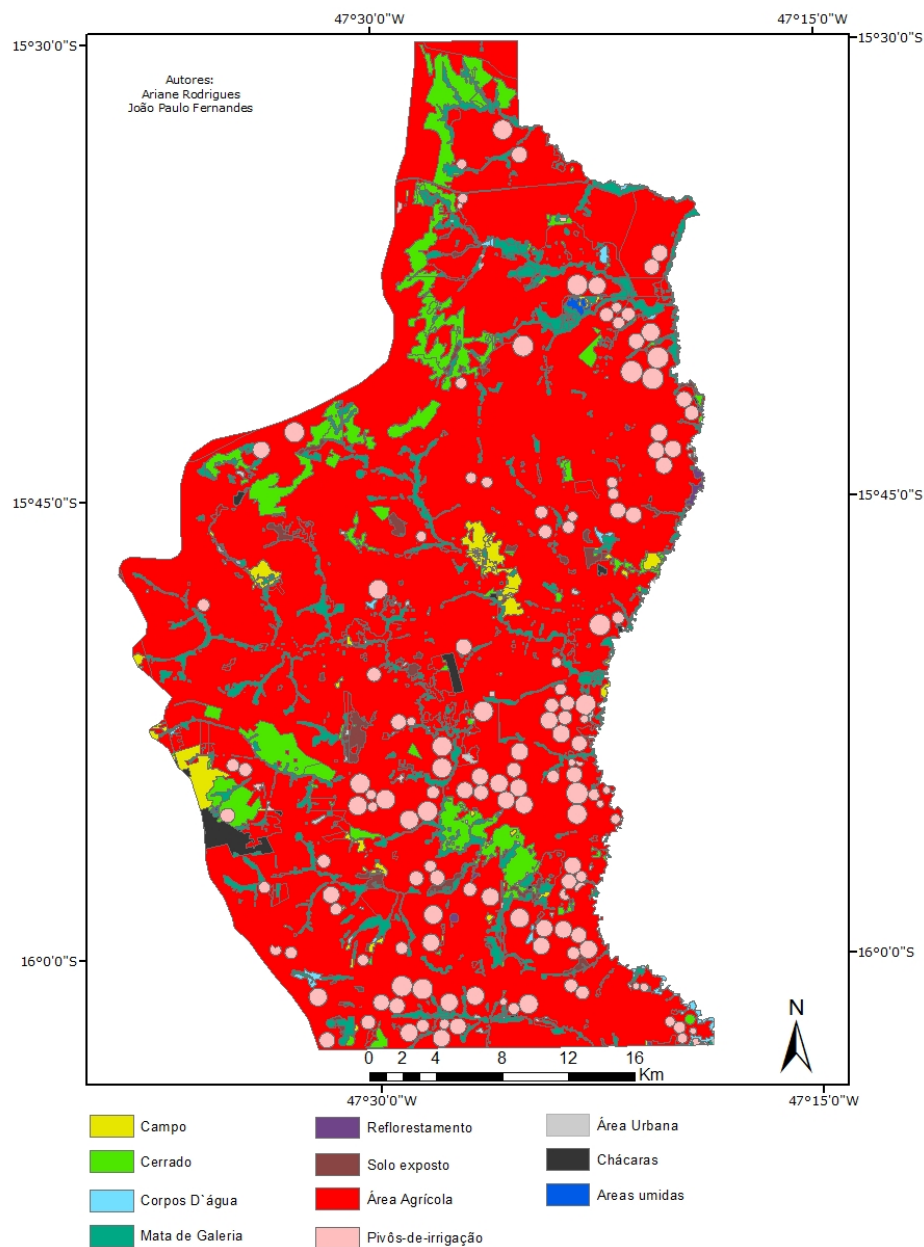
Geralmente, os Cambissolos estão associados a áreas relevo ondulado a forte ondulado, matas de galeria, vales e encostas de morros, tendo sido observados sobre formações do Grupo Bambuí (CAMPOS; MONTEIRO; RODRIGUES, 2006). A declividade dos locais aonde ocorrem conjugadas à sua baixa permeabilidade, tornam esses solos mais suscetíveis à erosão (DISTRITO FEDERAL, 2012a).

Especial atenção deve de conservação deve ser dada aos Gleissolos. Apesar da pequena representatividade ao longo da Bacia, estes solos apresentam grande sensibilidade ambiental e geralmente estão associados a áreas de APP: adjacentes a corpos hídricos e no rebordo de chapadas, junto às nascentes. São solos pouco desenvolvidos e mal drenados, com baixa produtividade agrícola, que se apresentam permanentemente ou periodicamente encharcados. Em geral, recomenda-se que sejam integralmente destinados à proteção ambiental, mesmo que fora de áreas de APP. Recentemente, tem surgido interesse em sua exploração comercial para a obtenção de argila pozolânica, utilizada na produção de um novo tipo de cimento (DISTRITO FEDERAL, 2012a).

Freitas *et al.* (2007) aplicaram a Equação Universal de Perda do Solo para determinar o potencial de erosão em toda a extensão da Bacia do Rio Preto (DF, MG, GO). A espacialização dos resultados obtidos em imagens de satélite permitiu identificar uma correlação geográfica entre áreas com alto potencial de erosão e áreas de produção agropecuária. As conclusões do trabalho apontam para a necessidade de manejo adequado do solo na agricultura.

### 3.1.5. Vegetação e fauna

A Bacia do Rio Preto/DF apresenta elevado grau de antropização, com poucos remanescentes de vegetação natural e amplo predomínio de áreas agrícolas, conforme representado no mapa de uso e ocupação do solo referente ao ano de 2009 (Figura 8). O Cerrado remanescente se apresenta em manchas fragmentadas e dispersas na paisagem, localizadas principalmente nas escarpas e rebordos de chapada, áreas menos adequadas à agricultura mecanizada. Também há remanescente de vegetação em manchas alongadas, características de vegetação ripária. Observam-se, porém, descontinuidades entre as matas de galeria, que indicam sua ausência ou presença muito diminuta em alguns trechos da rede hidrográfica.



**Figura 8.** Classes de uso e ocupação do solo na Bacia do Rio Preto, em 2009.  
**Fonte:** Adaptado de DISTRITO FEDERAL, 2012.

Na margem leste do Rio Preto, no território de Goiás, há uma extensa faixa de terra de propriedade do Exército, onde a vegetação nativa está preservada. A área do Exército integra o corredor ecológico Paranã-Pirineus e tem alta importância ecológica (DISTRITO FEDERAL, 2012b). A capacidade da porção distrital da Bacia de conectar a paisagem e fornecer corredores ecológicos depende, em grande medida, da restauração das áreas de APP.

A pesquisa de levantamento da ictiofauna do Distrito Federal é conduzida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) há mais de 20 anos. Em relação à comunidade de peixes da Bacia do Rio Preto/DF, Ribeiro (2006) identificou 71 espécies, das quais 68 são nativas, dentre os 5.889 indivíduos coletados. Estima-se uma riqueza total de 97

espécies, um valor alto comparado à riqueza de espécies de outros afluentes do Rio São Francisco. Os Characiformes foram o grupo mais abundante, representando 87,64% das capturas e 30,99% das espécies (RIBEIRO, 2006).

As comunidades de peixes estão adaptadas às flutuações naturais na vazão dos rios, porém ficam mais vulneráveis a perturbações no período de seca, o que pode agravar o impacto de fatores estressores decorrentes de atividades humanas:

Alterações antrópicas diretas nos ecossistemas aquáticos (usos diversos da água para navegação, geração de energia, depósito de poluentes, irrigação, controle de inundações, introdução de espécies exóticas, etc...) ou indiretas nas bacias de drenagem (desmatamentos, assoreamento, agricultura da terra firme, pastagens, e outras degradações difusas) ocasionam modificações na estrutura e nos processos desses ecossistemas, interferindo de forma diferenciada na capacidade de sobrevivência das diferentes espécies da comunidade. (RIBEIRO, 2006, p. 11)

Ribeiro (2006) encontrou padrões de distribuição descontínuos das comunidades de peixes, o que pode estar relacionado aos impactos de diferentes padrões de uso e ocupação do solo. Porém, as interações entre as atividades humanas e as comunidades ecológicas ainda serão investigadas com mais detalhes no âmbito projeto do IBGE (RIBEIRO, 2006).

### **3.2. Características socioeconômicas da Bacia do Rio Preto**

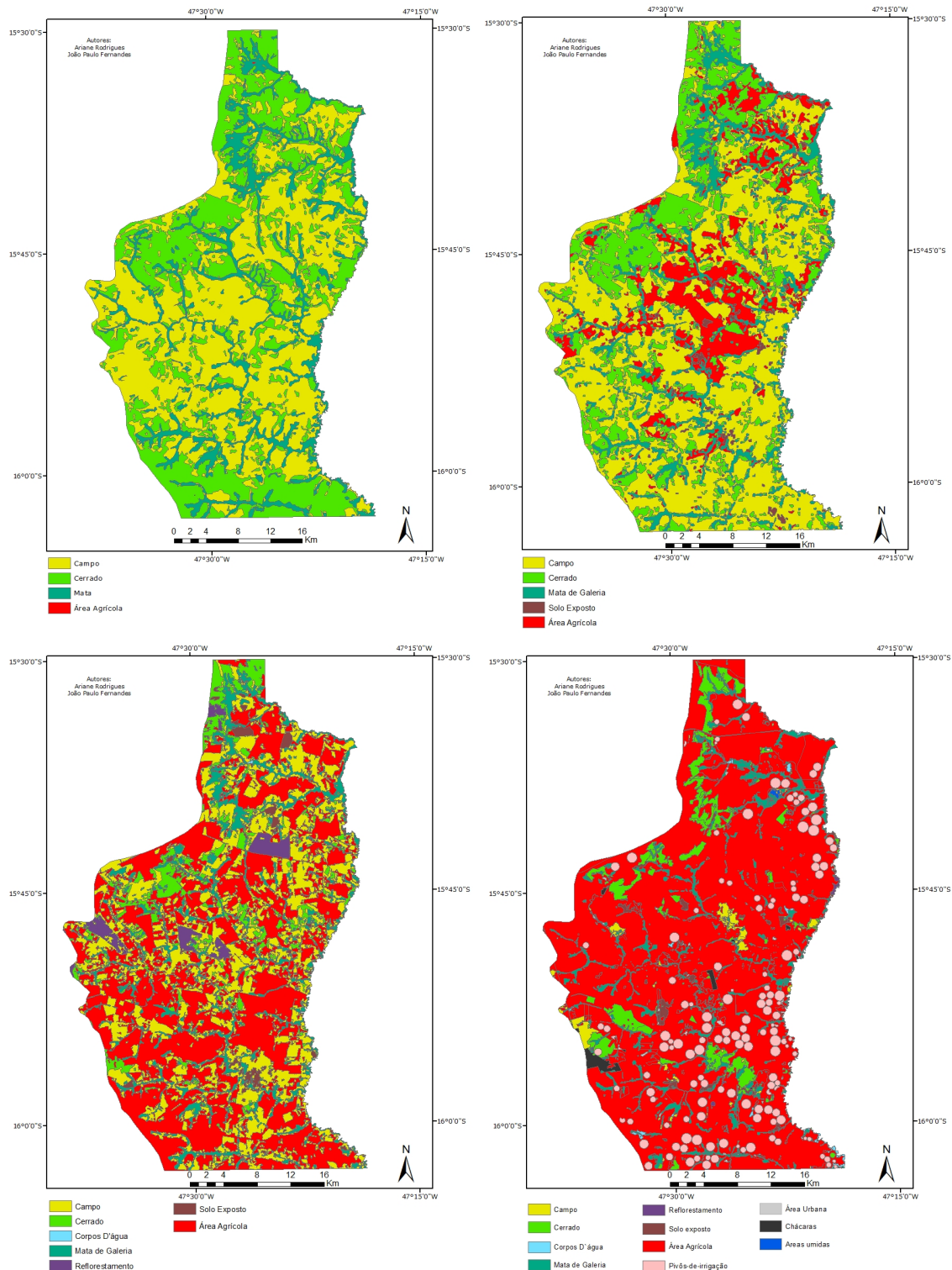
#### *3.2.1. Evolução do uso e ocupação do solo*

O ocupação da Bacia do Rio Preto teve como frente inicial de expansão a mineração, seguida pela pecuária, atividade que impulsionou a formação das cidades de Unaí/MG e Formosa/GO. Entretanto, foi a construção de Brasília que trouxe a infraestrutura de transportes necessária à inserção produtiva da região no mercado nacional e estimulou o rápido crescimento da produção agropecuária .

Outras políticas públicas, adotadas após a construção da capital, contribuíram para a ampliação das atividades agropecuárias na Bacia. Dentre elas, destaca-se a criação do Programa de Assentamento Dirigido do Distrito Federal (PAD/DF), em 1977, para atrair produtores às áreas rurais desocupadas do DF (CARNEIRO *et al.*, 2007).

Assim, a agricultura irrigada de grãos se expandiu rapidamente, principalmente a partir dos anos 1980. O desenvolvimento da indústria metalúrgica nacional possibilitou a

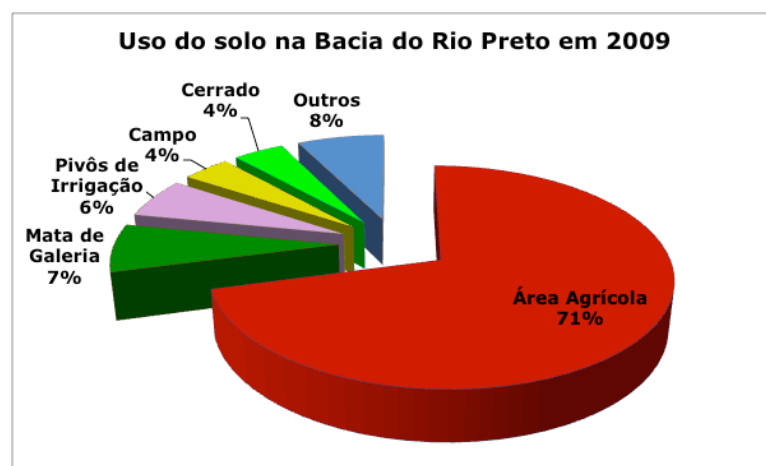
redução dos custos dos sistemas de irrigação por pivô central e favoreceu sua adoção como alternativa preferencial pelos produtores da Bacia (CARNEIRO *et al.*, 2007). Os mapas abaixo (Figura 9) retratam essas rápidas transformações ocorridas no período de 1953 a 2009, que resultaram em alterações profundas no padrão de uso e ocupação do solo.



**Figura 9.** Classes de uso e ocupação do solo da Bacia do Rio Preto em série temporal, nos anos de 1953 (a), 1973 (b), 1984 (c) e 2009 (d).

**Fonte:** Adaptado de DISTRITO FEDERAL, 2012.

As classes indicadas no mapa de uso e ocupação do solo em 2009 foram representadas em termos percentuais no gráfico abaixo (Figura 10). A atividade agrícola ocupa 71% da área total da Bacia e os cerrados e matas de galeria, 11%. Foram identificados 150 pivôs centrais, que representam 6% da área (aproximadamente 9.500 ha).



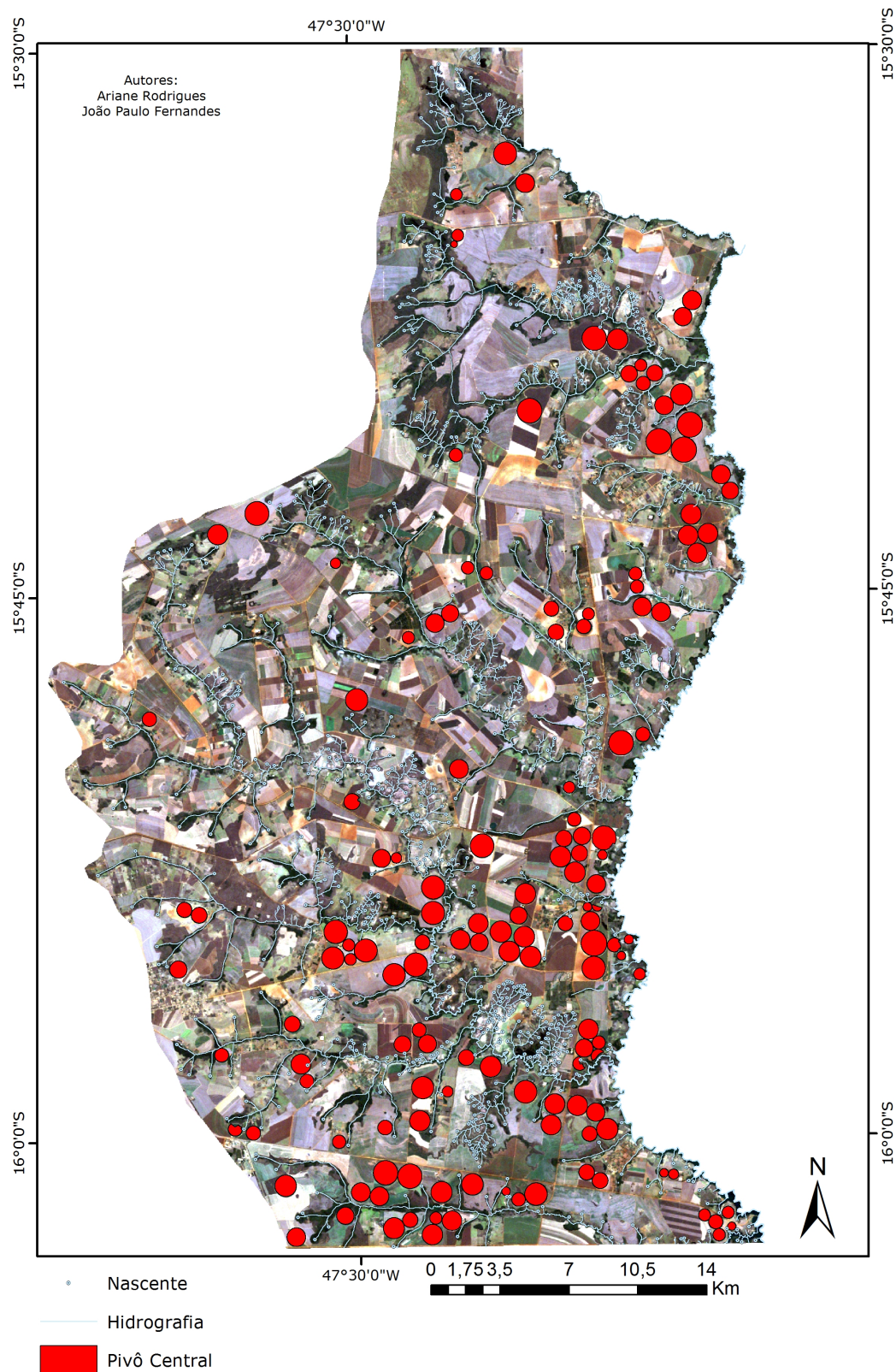
**Figura 10.** Gráfico das principais classes de uso e ocupação do solo da Bacia do Rio Preto em termos percentuais, no ano de 2009.

**Fonte:** Adaptado de DISTRITO FEDERAL, 2012.

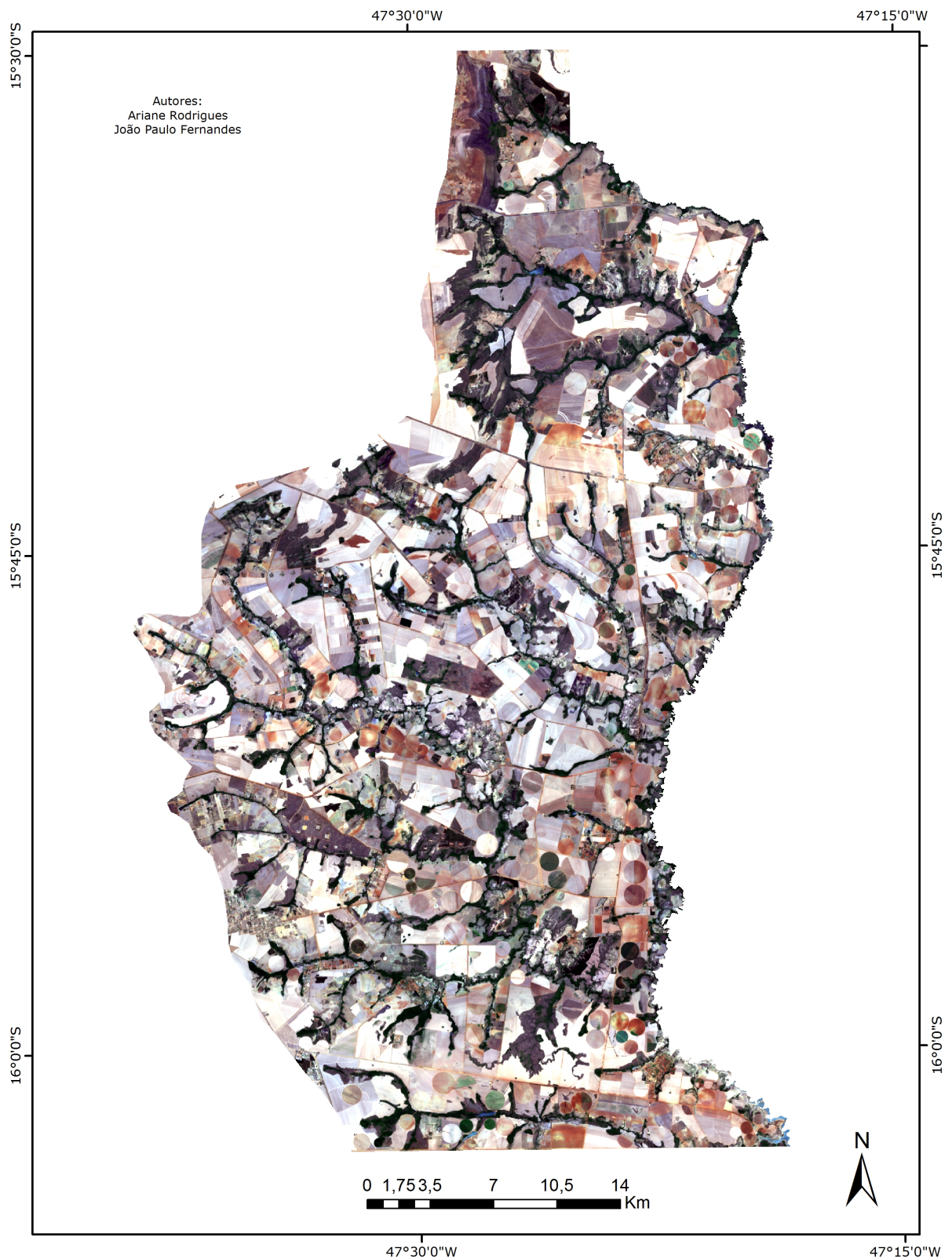
A Bacia do Rio Preto apresenta a maior concentração de pivôs centrais no DF, tendência que também se manifesta na extensão do Rio em GO e MG. Ao longo da Bacia, Borges (2008) identificou que os pivôs centrais ocupam 17.988 ha, 2% da área total. O DF tem mais pivôs, apesar da maior parte da área da Bacia estar em MG. Há predominância de pivôs em áreas de Planalto, subunidades topos e vales intraplanálticos, caracterizadas por relevo plano e pequena distância entre a área irrigada e o curso d'água. Em relação aos solos, observou-se que pivôs predominam nas classes Latossolo vermelho (58,16%), Cambissolo (24,91%) e Latossolo vermelho-amarelo (14,14%).

Os padrões de distribuição de pivôs centrais na porção distrital da Bacia, associados à hidrografia local, foram destacados sobre a imagem de satélite da área (Figura 11). Os padrões de mosaico observados na imagem atual da Bacia (Figura 12) indicam um alto grau de antropização. Caso o crescimento da agricultura na região siga a tendência geral de avanço do agronegócio sobre o cerrado, é de se esperar maiores pressões sobre os rios da região no futuro.





**Figura 11.** Imagem da área de drenagem da Bacia do Rio Preto obtida pelo satélite Landsat 5, em 1º jul. 2009, com destaque para a rede hidrográfica e pivôs centrais.  
**Fonte:** Adaptado de DISTRITO FEDERAL, 2012.



**Figura 12.** Imagem da área de drenagem da Bacia do Rio Preto obtida pelo satélite Landsat 8, em out. 2014, com destaque para a rede hidrográfica e pivôs centrais.

### 3.2.2. Produção econômica e práticas agrícolas

A principal atividade econômica desenvolvida na Bacia é a agricultura, voltada à produção de grãos para o mercado nacional e internacional (CARNEIRO *et al.*, 2007). Também se pratica pecuária extensiva e, em menor escala, há cultivo de frutíferas e hortaliças, silvicultura e criação de animais de pequeno porte. De acordo Sumar M. Ganem, Coordenador de Gestão Ambiental da EMATER/DF, a região se caracteriza por práticas agrícolas com alto padrão de mecanização e tecnologia, que resultam em taxas de produtividade bem acima da média nacional. Aproximadamente 80% da produção agrícola do DF tem origem na Bacia do Rio Preto (MALDANER, 2003 *apud* DISTRITO FEDERAL, 2012a).

Estimativas de produção agrícola referentes ao ano de 2013 foram gentilmente cedidos pela EMATER-DF. A amostra inclui dados de 3 escritórios regionais da EMATER (Tabatinga, Jardim e Rio Preto), cujos perímetros de atuação estão completamente inseridos na Bacia do Rio Preto. A partir dos dados coletados pelos técnicos extensionistas relativos às propriedades rurais atendidas pela EMATER/DF, foi feita uma estimativa para a toda a área compreendida no perímetro de abrangência do escritório regional.

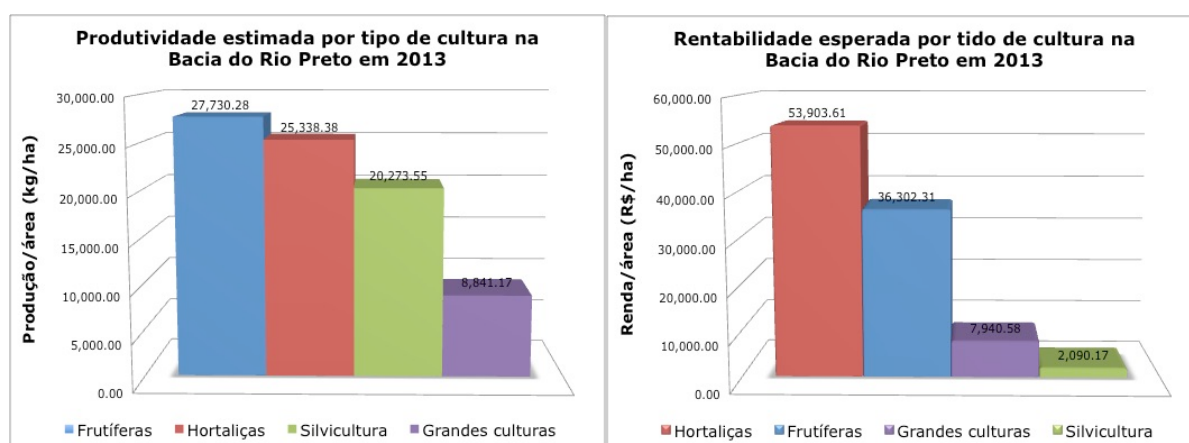
As estimativas indicam que 96% da área cultivada é ocupada por grandes culturas (Figura 13): soja, milho, feijão, cana de açúcar, guariroba, sorgo, trigo, girassol, café, algodão e arroz. Em termos relativos, entretanto, a produtividade e a rentabilidade das hortaliças e frutíferas se destaca (Figura 14). Um hectare de área cultivada produz cerca 25.300 kg de hortaliças e 27.700 kg de frutíferas, com rentabilidade anual aproximada de R\$55.000,00 e R\$34.000,00, respectivamente. A rentabilidade média para grandes culturas é de aproximadamente R\$8.000,00 por hectare.

Quanto ao método de irrigação, segundo dados da Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente - SEDUMA, o pivô central responde por 40% dos casos, a aspersão convencional 30%, superfícies e sulcos 21% e outras modalidades 9% (DISTRITO FEDERAL, 2012a). Apesar do uso de aspersão convencional ser expressivo, a área irrigada por esse sistema corresponde à apenas 8,6% do total, enquanto o uso de pivô central alcança 84,4% da área irrigada (ALVES, 2003 *apud* CARNEIRO *et al.*, 2007).





**Figura 13.** Gráfico da área estimada para cada cultivo, proporcionalmente à área total cultivada em 2013.  
**Fonte:** Adaptado de EMATER, 2013 (dados não publicados).



**Figura 14.** Gráficos de produtividade estimada (produção total por área) e rentabilidade estimada (renda total por área) para cada cultivo em 2013.  
**Fonte:** Adaptado de EMATER, 2013 (dados não publicados).

Apesar do crescimento do número de pivôs centrais, a maior parte da agricultura ainda é praticada somente no período de chuvas, a chamada agricultura de sequeiro. O Estudo de Aproveitamento Hidroagrícola da Bacia do Rio Preto foi elaborado pela Secretaria de Agricultura e Desenvolvimento Rural – SEAGRI, em 1995, para fornecer subsídios à expansão da agricultura irrigada no DF. O Estudo identificou que dos 70.000 ha cultivados, apenas 7.730 ha eram irrigados e o potencial de área irrigada era de 100.000 ha. Com base no Estudo, a SEAGRI propôs construção de pequenas barragens e canais de distribuição de água para a criação de 7.630 ha adicionais de área irrigada. O Ministério Público questionou os licenciamentos concedidos e o projeto ainda está sob disputa judicial (DISTRITO FEDERAL; ADASA; ECOPLAN, 2012b).

### 3.2.3. Informações socioeconômicas e relações produtivas

Em relação à situação fundiária, é importante destacar que há uma parcela significativa da área da Bacia do Rio Preto/DF (42,7%) que pertence a proprietários particulares. Não obstante, a maior parte das terras pertencem ao governo local, arrendadas ou cedidas a produtores rurais. Essa característica de domínio preponderantemente público, entretanto, não foi capaz de promover a distribuição equitativa de terras. Do total de propriedades, 32% têm menos de 10 ha e ocupam apenas 1,6% do território. Por outro lado, somente 1,5% das terras têm área maior que 1.000 ha e ocupam 32,3% do território (CARNEIRO *et al.*, 2007). Dados obtidos mediante entrevista aos produtores rurais do Núcleo Rural Buriti Vermelho (NRBV) e da Bacia do Rio Jardim revelam que as diferenças na concentração de terras também se reproduzem em diferenças de grau de escolaridade, relações produtivas e técnicas agrícolas.

Moreira *et al.* (2010) entrevistaram os produtores do NRBV, às margens do Rio Buriti Vermelho, na unidade hidrográfica do Alto Rio Preto. A Bacia do Rio Buriti Vermelho tem sido analisada por pesquisadores da Embrapa Cerrados como bacia hidrológica experimental para realização de estudos de longa duração e criação de base de dados (RODRIGUES *et al.*, 2009).

Para a caracterização socioeconômica do NRBV foram entrevistados 41 produtores, de uma população composta por aproximadamente 100 famílias e 350 pessoas. Dentre os produtores entrevistados, 3 tem propriedades maiores do que 100 ha, 9 possuem áreas entre 10 e 100 ha e 29 tem propriedades menores do que 10 ha. Alguns grandes produtores possuem pós-graduação, mas em geral o nível de escolaridade encontrado foi baixo e a maioria dos pequenos produtores declararam que possuem ensino fundamental incompleto (MOREIRA *et al.*, 2010).

As grandes propriedades no NRBV produzem principalmente grãos e utilizam pivôs centrais (com barragem própria) como principal sistema de irrigação. As culturas e os sistemas de irrigação se tornam mais diversos na medida em que o tamanho das propriedades diminui. Os pequenos proprietários mantêm culturas irrigadas em um maior percentual de suas propriedades, portanto, em termos relativos, apresentam maior dependência de recursos hídricos. Verificou-se também que a participação de membros da família e de mulheres no trabalho rural é maior em pequenas propriedades (MOREIRA *et al.*, 2010).

Frota (2006) entrevistou 45 produtores na unidade hidrográfica do Rio Jardim. A composição do grupo entrevistado, em termos de tamanho da propriedade, foi bem distinta daquela apresentada por Moreira *et al.* (2010). Foram entrevistados 6 produtores com propriedades até 10 ha, 25 produtores entre 10 e 100 ha, e 14 produtores com mais de 100 ha. Os resultados indicaram que a mão de obra familiar é empregada em 84,4% das propriedades. Quanto aos métodos de cultivo, 12 dos 45 entrevistados não utilizam irrigação e, dentre aqueles que mantêm cultivo irrigado, 54,5% utilizam pivôs centrais como método principal.

Situações relacionadas a possíveis conflitos pelo uso da água no Rio Jardim também foram objeto de questionamento. As informações obtidas indicaram respostas enviesadas. Em geral os proprietários se mostraram bem adaptados às consequências da sazonalidade, pois 84,4% declararam que há água suficiente para a irrigação das culturas, mas durante o período seco a área irrigada é reduzida. Ao mesmo tempo, 42,2% dos proprietários intensificariam a agricultura irrigada se houvesse maior oferta de água e 35,5% já reclamaram do uso indevido de água contra outros proprietários. A pesquisa também indicou baixo grau de conhecimento dos produtores em relação aos instrumentos de regulação e gestão dos recursos hídricos (FROTA, 2006).

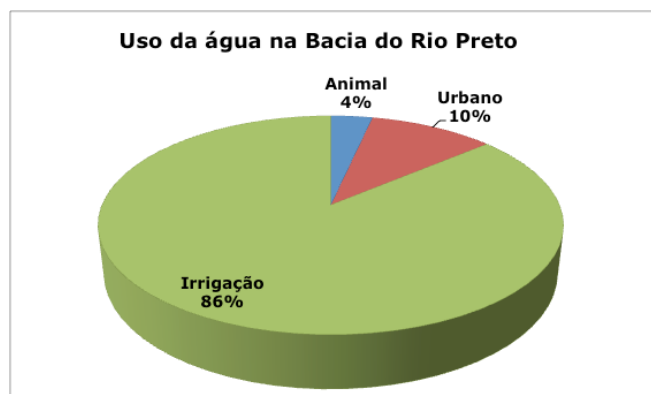
### **3.3. Características hídricas da Bacia do Rio Preto**

#### *3.3.1. Principais classes de uso da água*

A maior parte da água retirada dos cursos d'água que compõem a Bacia do Rio Preto se destina à irrigação, o que confirma a aptidão agrícola da região. O Plano de Gerenciamento Integrado de dos Recursos Hídricos do Distrito Federal, produzido pela ADASA (DISTRITO FEDERAL; ADASA; ECOPLAN, 2012b), indica que aproximadamente 86% das vazões de retirada se destinam à irrigação, 4% à dessedentação animal e 10% ao abastecimento urbano (Figura 15). Estes dados incluem as retiradas superficiais e subterrâneas.

O uso urbano que aparece no gráfico é relativo à captação de água na cabeceira do Rio Preto para abastecimento público em Formosa/GO. O Plano de Gerenciamento de Recursos Hídricos considerou, como área da Bacia, a porção inserida no DF e entorno imediato. No Distrito Federal não há captação de água de afluentes do Rio Preto atual, e nem prevista, para fins de abastecimento urbano. Assim, considerando apenas a área distrital da Bacia, a irrigação representa cerca de 96% da captação. Também foram registradas captações para o

consumo humano em área rural e para a produção industrial, mas estes usos não chegaram a demandar 1% das retiradas.



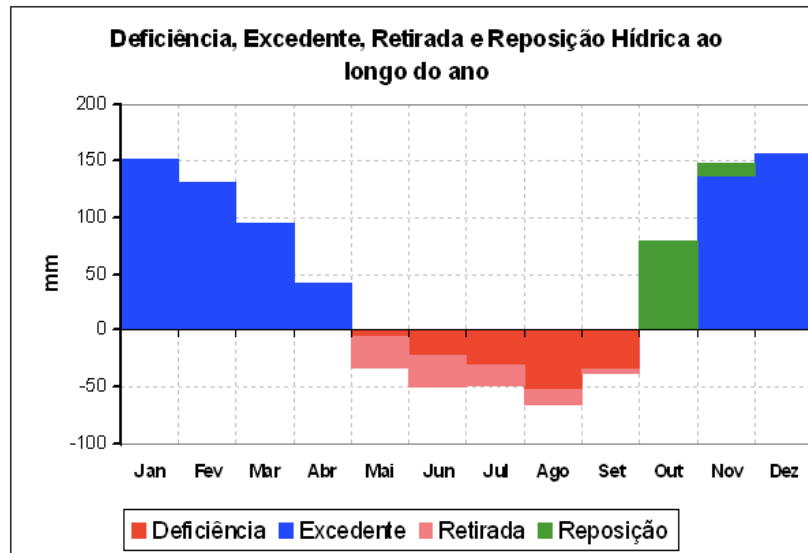
**Figura 15.** Proporção da vazões estimadas de retirada média de água em captações superficiais e subterrâneas na Bacia do Rio Preto (DF e entorno imediato), por classe de uso, atualizado para o ano de 2011.

**Fonte:** Adaptado de DISTRITO FEDERAL; ADASA; ECOPLAN, 2012b.

A produção de energia hidrelétrica também acarreta uma demanda relevante dos recursos hídricos da Bacia. A exploração hidrelétrica foi concedida ao consórcio entre a Companhia Energética de Brasília (CEB) e Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), nos termos do Contrato de Concessão 06/97 – ANEEL, de 18 de dezembro de 1997 (CARNEIRO et al., 2007). A produção de energia teve início em 2004, com a entrada em operação da usina de Queimado. A usina comporta 3 geradores e tem capacidade instalada de 105 MW. Localiza-se no Rio Preto, abrangendo parte do território do DF (9%), GO (49%) e MG (42%). O reservatório de Queimado tem área aproximada de 40 km<sup>2</sup>, altura de 60 m e volume total de 590.000.000 m<sup>3</sup> (CEMIG; CEB, [s.d.]).

### 3.3.2. Aspectos quantitativos

As situações mais críticas em relação à quantidade de água no Rio Preto, assim como nos mananciais do DF, decorrem do longo período de estiagem. O balanço hídrico para o Distrito Federal revela um longo período de deficiência hídrica, de maio a setembro (Figura 16).



**Figura 16.** Balanço hídrico anual para o Distrito Federal.

**Fonte:** Extraído de SENTELHAS *et al.*, 2003.

Contribui para o déficit hídrico “o fato do Distrito Federal ser uma área de nascentes cujos cursos de água apresentam-se pouco extensos e com vazões modestas, quando comparadas às demandas regionais, gerando limitações nos aspectos quantitativos dos recursos hídricos superficiais” (DISTRITO FEDERAL; SECRETARIA DE INFRA-ESTRUTURA E OBRAS, 2005, p. 5). No caso da bacia do Rio Preto, as pressões sobre os recursos hídricos aumentam com a demanda de água para a irrigação no período de estiagem, agravando a deficiência sazonal. Dados de vazão apresentados no Plano de Gerenciamento Integrado dos Recursos Hídricos no DF permitem observar esse efeito (DISTRITO FEDERAL; ADASA; ECOPLAN, 2012b).

As séries de vazão para a Bacia do Rio Preto/DF tiveram que ser reconstituídas com base em 5 estações adjacentes ao DF (no Rio Preto), pois não há monitoramento com coleta e disponibilização de dados de vazão na porção distrital do Rio Preto (DISTRITO FEDERAL; ADASA; ECOPLAN, 2012b). A disponibilidade hídrica superficial da Bacia do Rio Preto, foi estimada em 28,01 m<sup>3</sup>/s, com permanência mínima de vazões específicas indicadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Área e disponibilidade hídrica superficial da Bacia do Rio Preto, atualizado para o ano de 2011.

Área (km <sup>2</sup> )	Q <sub>MLT</sub> (m <sup>3</sup> /s)	q <sub>MLT</sub> (L/s/km <sup>2</sup> )	q <sub>7,10</sub> (L/s/km <sup>2</sup> )	q <sub>90</sub> (L/s/km <sup>2</sup> )
1.832,00	28,01	15,29	2,52	5,56

**Fonte:** Adaptado de DISTRITO FEDERAL; ADASA; ECOPLAN, 2012b.

A Tabela 1 apresenta informações sobre a vazão média de longo termo em  $\text{m}^3/\text{s}$  ( $Q_{\text{MLT}}$ ), a vazão específica média de longo termo em  $\text{L/s/km}^2$  ( $q_{\text{MLT}}$ )<sup>7</sup>, a vazão específica mínima com 90% de permanência no tempo em  $\text{L/s/km}^2$  ( $q_{90}$ )<sup>8</sup> e a vazão específica mínima com 7 dias de duração e 10 anos de período de retorno em  $\text{L/s/km}^2$  ( $q_{7,10}$ )<sup>9</sup>.

Esses parâmetros são importantes para definir o limite outorgável de retirada de água da Bacia, a cada mês. No Distrito Federal, a vazão outorgável é definida pela Resolução ADASA nº 350, de 23 de junho de 2006. O montante máximo de retirada corresponde a 80% da médias da mínimas para cada mês, mas pode alcançar até 90% da vazão de referência para abastecimento público (DISTRITO FEDERAL; ADASA; ECOPLAN, 2012b). O parâmetro adotado não considera o impacto da redução da vazão sobre a flora e a fauna, o que demandaria a determinação da chamada vazão ambiental, ou ecológica, ou hidrograma ecológico.

A maioria das outorgas concedidas na Bacia do Rio Preto tem por finalidade a irrigação, mas estima-se que nem todo o percentual outorgado para a irrigação é utilizado. Em média, a vazão anual retirada é cerca de  $\frac{1}{4}$  da vazão outorgada para este fim. Durante o mês de maior demanda, porém, a vazão retirada é maior que o dobro da média anual (Tabela 2). Na Tabela 2, os valores de vazão retirada média e máxima foram obtidos por estimativas da ADASA. Os valores de vazão outorgada total consideram as outorgas subterrâneas e superficiais para a irrigação.

---

<sup>7</sup> A vazão específica média de longo termo ( $q_{\text{MLT}}$ ), para a Bacia do Rio Preto foi considerada com sendo igual à vazão específica média de longo termo da estação localizada na Fazenda Limeira, considerando a série histórica de 1957 a 2005 (DISTRITO FEDERAL; ADASA; ECOPLAN, 2012b).

<sup>8</sup> “Para a determinação dos valores de vazão mínima ( $q_{7,10}$  e  $q_{90}$ ) é necessário o estudo das séries de vazão para a determinação da distribuição de probabilidade dos valores mínimos e a determinação da curva de permanência” (DISTRITO FEDERAL; ADASA; ECOPLAN, 2012b, p. 241). A vazão 90% da curva de permanência indica que em 90% do tempo as vazões são iguais ou maiores ao valor de  $q_{90}$ . A  $q_{90}$  não inclui valores extremos, “O período das grandes estiagens geralmente ocorre para probabilidades superiores a 95%” (IPH, 2006 apud PAULO, 2007, p. 13).

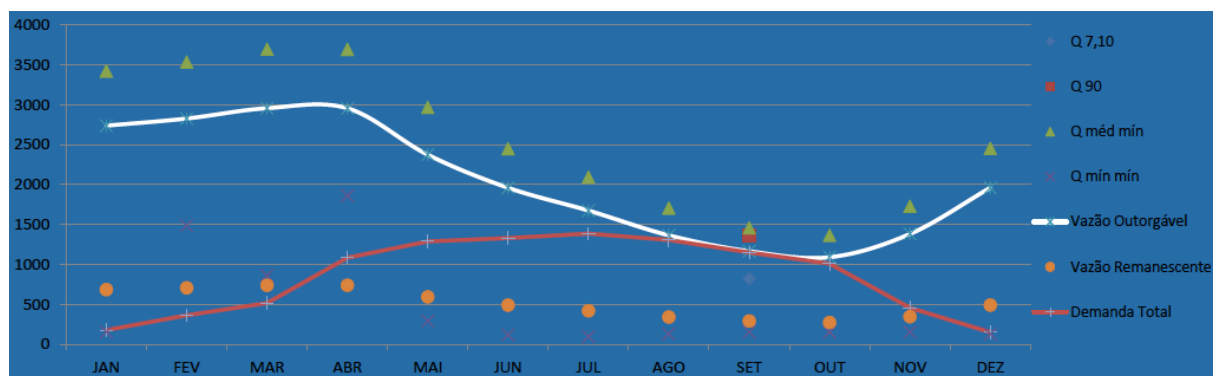
<sup>9</sup> “A  $Q_{7,10}$  é obtida computando-se as médias móveis das vazões médias diárias com janelas de 7 dias ao longo de um ano. A mínima dessas médias móveis é retida. O processo é repetido para cada ano da série histórica, obtendo-se uma série de valores mínimos de vazões médias de 7 dias consecutivos. Essas vazões são ordenadas em ordem crescente de magnitude, onde são estimadas suas Funções de Distribuição (sendo essa função empírica ou um modelo estatístico que melhor se ajuste aos dados de vazão mínima) e períodos de retorno. Desta Função de Distribuição pode-se estimar a vazão mínima de 7 dias de duração com período de retorno de 10 anos” (PAULO, 2007, p. 10).

**Tabela 2.** Vazões de retirada média e máxima pela irrigação, vazão outorgada para esse segmentos e relação entre essas vazões.

Vazão retirada anual pela irrigação (m <sup>3</sup> /s)	Vazão máxima retirada pela irrigação (m <sup>3</sup> /s)	Vazão outorgada total (m <sup>3</sup> /s)	Razão entre vazão retirada anual e vazão outorgada total	Razão entre vazão máxima retirada e vazão outorgada total
1,550	3,434	5,602	0,3	0,6

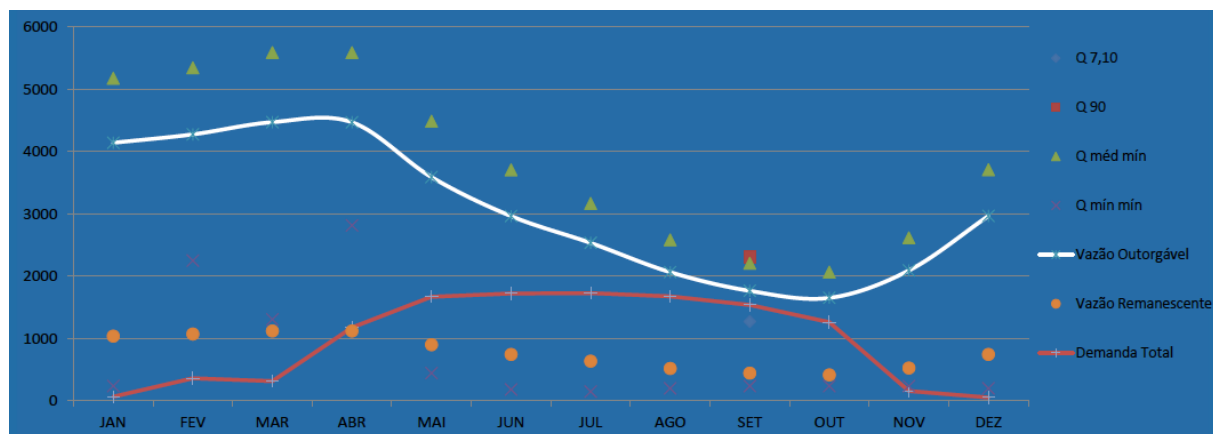
**Fonte:** Adaptado de DISTRITO FEDERAL; ADASA; ECOPLAN, 2012b.

Os pedidos de outorga e as estimativas de retirada são utilizados para a indicação da demanda na Bacia, pois não há instrumentos de medida para aferir a retirada efetiva. A relação entre esta demanda estimada e a disponibilidade hídrica no Rio Preto (DF, GO e MG) foi classificada como preocupante em estudo nacional da ANA (BRASIL; AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2005). No Ribeirão Extrema, Rio Jardim e Alto Rio Preto a situação é mais crítica, pois a demanda total já chegou ao limite (99%, 87% e 80%, respectivamente) da vazão outorgável nos meses mais secos (Figuras 17, 18 e 19).



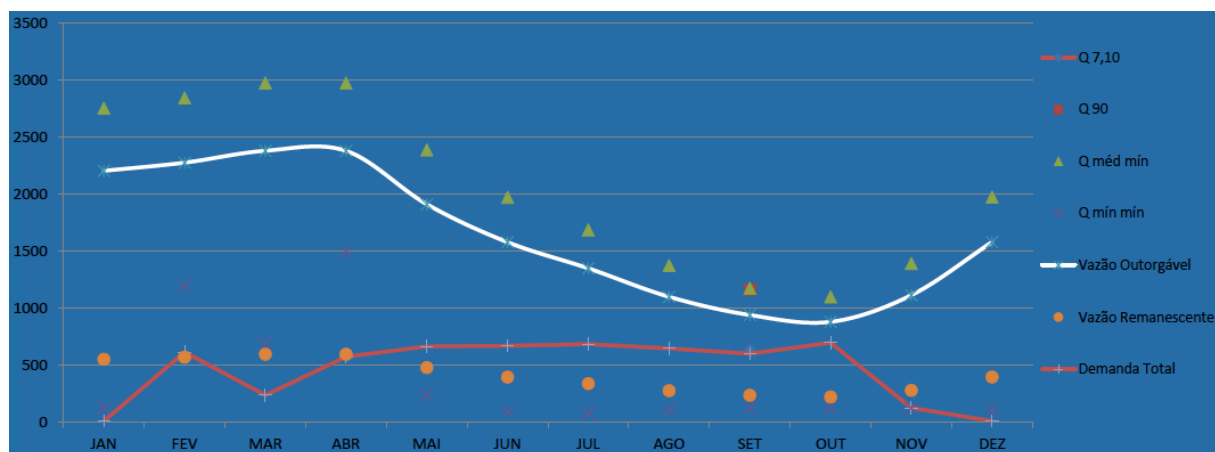
**Figura 17.** Curva de demanda total e vazão outorgável de recursos hídricos superficiais em l/s por mês no Ribeirão Extrema.

**Fonte:** Extraído de MELLO, 2012.



**Figura 18.** Curva de demanda total e vazão outorgável de recursos hídricos superficiais em l/s por mês no Rio Jardim.

**Fonte:** Extraído de MELLO, 2012.



**Figura 19.** Curva de demanda total e vazão outorgável de recursos hídricos superficiais em l/s por mês no Alto Rio Preto.

**Fonte:** Extraído de MELLO, 2012.

Souza *et al.* (2010) fizeram simulações para a oferta e demanda de recursos hídricos na Bacia do Rio Preto (DF, MG, GO), com dados da estação fluviométrica Porto dos Poções, coletados no período 1985-2000. Para o cenário de agronegócio atual, mantidas as tendências atuais de variação da demanda e da disponibilidade de recursos hídricos, aplicou-se uma taxa de crescimento de agricultura irrigada calculada em 10% ao ano. Nesse cenário, caso não haja intervenção para a alocação mais eficiente dos recursos hídricos, em 2047 a demanda excederá toda a oferta de recursos hídricos na Bacia do Rio Preto. Também foi observada uma tendência de redução da precipitação direta sobre a área da Bacia no futuro.

Além do impacto direto da irrigação, com a retirada de água, também há impactos potenciais do barramento de água para a irrigação. Rodrigues *et al.* (2007) destacaram a multiplicação, nos últimos anos, do número de pequenas barragens ao longo de toda a extensão da Bacia do Rio Preto (DF, GO, MG). Foram identificadas, por sensoriamento remoto, 252 barragens, com área de espelho ente 1 a 413 ha, pois barragens com área menor do que 1 ha não puderam ser identificadas por satélite (RODRIGUES *et al.*, 2007). Os resultados indicaram que a maior densidade de barragens está no DF. Esses barramentos têm sido realizados sem qualquer critério técnico, considerando apenas as condições locais, com manutenção deficiente e ausência de vegetação nas bordas, acelerando os processos erosivos e o assoreamento. O impacto das pequenas barragens na dinâmica da Bacia do Rio Preto ainda não foi determinado.



### 3.3.3. Aspectos qualitativos

A ADASA mantém 15 pontos de monitoramento da qualidade da água no Rio Preto. Mello (2012) sintetiza os principais resultados desse monitoramento:

- Boa qualidade da água da bacia em geral.
- pH levemente ácido nas águas do Rio Jardim.
- Fósforo Total acima dos valores estabelecidos pela resolução CONAMA, classe 2, em regiões onde destaca-se a produção agrícola. Possível poluição difusa e manuseio inadequado de fertilizantes.
- Coliformes Fecais elevados em dois meses de amostragem no Córrego Jibóia.
- De acordo com a Resolução CONAMA nº 357, os parâmetros a seguir listados apresentaram conformidade com os limites estabelecidos: temperatura, alcalinidade, condutividade, turbidez, DBO [demanda biológica de oxigênio], DQO [demanda química de oxigênio], dureza, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, oxigênio dissolvido, sólidos totais, sólidos suspensos. (MELLO, 2012)

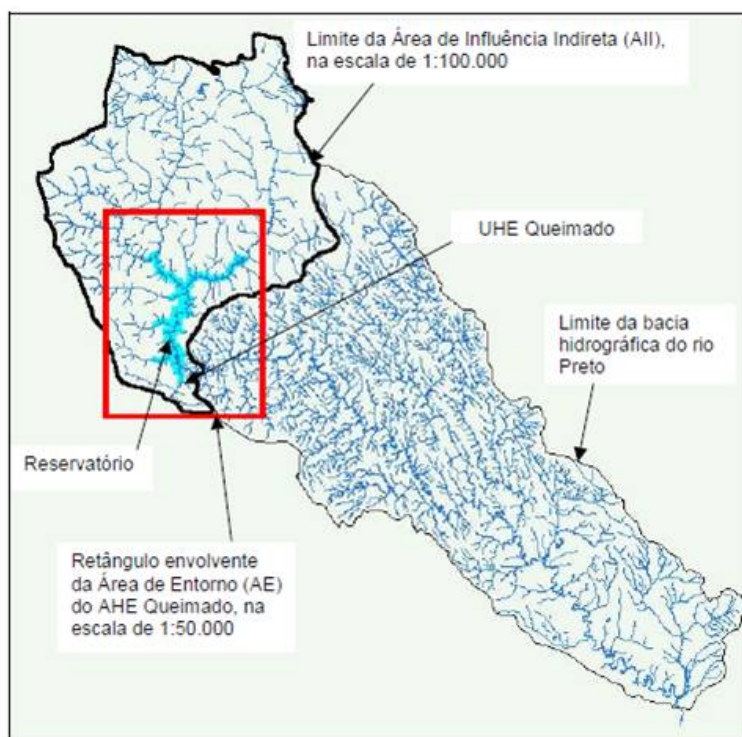
A qualidade da água, em geral, é boa, com maiores alterações nas áreas de intensa produção agrícola. O monitoramento para poluentes agrícolas, contudo, é insuficiente. Também é recomendável a instalação de uma estação de monitoramento próxima à cidade de Formosa, onde há despejo de efluentes de esgoto, conforme indicado no Relatório do Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do DF (DISTRITO FEDERAL; ADASA; ECOPLAN, 2012b).

### 3.3.4. Conflitos pelo uso da água

Carneiro (2007) salienta a existência de conflitos entre os usuários de água na Bacia do Rio Preto relacionados ao desperdício de água, falta de colaboração para a manutenção dos canais coletivos, comprometimento dos recursos hídricos à jusante (por uso excessivo ou degradação da qualidade da água) e planejamento deficiente dos locais de captação (muitas vezes próximos às nascentes). Além destes, um dos principais fatores de conflito é o favorecimento dos pioneiros, produtores que já obtiveram a outorga e chegam a manter 10 pivôs centrais na mesma propriedade, reduzindo a água disponível para outros irrigantes (CARNEIRO *et al.*, 2007). Este fator ganha maior relevância em corpos hídricos onde a demanda já atingiu o limite outorgável, como no Rio Jardim.

A Bacia do Rio Preto é uma das 3 bacias distritais que contam com um comitê de bacia hidrográfica, enquanto instrumento descentralizado de gestão de recursos hídricos. O Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes do Rio Preto foi instituído pelo O Decreto nº 31.253, de 18 de janeiro de 2010 (DISTRITO FEDERAL; ADASA; ECOPLAN, 2012b). As decisões do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (CBHSF) também vinculam as ações no Rio Preto. Uma das decisões do CBHSF com impacto na bacia do Rio Preto é cobrança pelo uso água, que já está sendo implementada de acordo com valores definidos pelo Comitê<sup>10</sup>, nos cursos d'água cuja gestão compete à União.

Também se identificam conflitos potenciais entre a água para a irrigação e para a geração de energia elétrica. A produção agrícola na porção distrital da Bacia do Rio Preto se situa à montante do reservatório de Queimado e está completamente inserida na Área de Influência Indireta da usina (Figura 20).



**Figura 20.** Localização do reservatório de Queimado, no Rio Preto, com destaque para a Área de Entorno e Área de Influência Indireta.

**Fonte:** Extraído de CEMIG; CEB, [s.d.].

<sup>10</sup> Notícia divulgada no site do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Preto indica que o CBHSF definiu os seguintes valores de cobrança pela água: “os usuários que captem mais de 4l/s pagarão R\$ 0,01 por metro cúbico (mil litros) captado. Já o m<sup>3</sup> de água consumida custará R\$ 0,02. O maior valor será o do quilo de carga orgânica lançada no rio São Francisco, que custará R\$ 0,07” (ALVES, 2010).

Simulações com dados atuais indicam que o impacto da retirada de água para irrigação no DF causa uma perda potencial na energia firme de 2,6% (CARNEIRO et al., 2007). O planejamento da empresa já considera o risco de comprometimento da produção elétrica caso haja aumento de irrigação à montante. O consórcio gestor da usina sugeriu algumas medidas para minimizar os potenciais conflitos:

- Campanhas de Regularização dos Recursos Hídricos;
- Retomada das discussões sobre aprovação de marco regulatório na bacia do rio Preto;
- Realização de ações conjuntas entre usuários e Consórcio CEMIG/CEB;
- Iniciativas de Educação Ambiental; (CEMIG; CEB, [s.d.])

Deve-se considerar ainda a importância de manter reservas estratégicas para o futuro, diante da vulnerabilidade da disponibilidade de recursos hídricos no DF. A disponibilidade hídrica em razão da população local no Distrito Federal é de “aproximadamente  $1.400 \text{ m}^3 \text{ habitante}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , considerada baixa com base nas classificações das Nações Unidas (SHIKLOMANOV, 1997), do Banco Mundial (REBOUÇAS et al., 1999) e de BEEKMAN (1999)” (SANO et al., 2005, p. 509 *apud* LIMA, 2000).

## **4 CONTRIBUIÇÕES PARA UM ESQUEMA DE PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS NO RIO PRETO/DF**

A base científica e as referências teóricas apresentadas nos dois capítulos anteriores fornecem elementos para a discussão acerca de possíveis mecanismos de conservação da Bacia do Rio Preto/DF. Mais especificamente, para a discussão acerca da conservação dos serviços ecossistêmicos hidrológicos fornecidos pela Bacia do Rio Preto e seus benefícios sociais diretos e indiretos.

Os serviços ecossistêmicos fornecidos pela Bacia com maior destaque são o fornecimento de água para a irrigação agrícola e a produção de energia. Também podem ser claramente identificados, em menor escala, serviços diretos de fornecimento de água para a dessedentação animal e o consumo humano. Por trás destes, uma série de outros serviços hidrológicos estão sendo providos para a regulação de processos ecossistêmicos e manutenção de funções de suporte à vida, como a ciclagem de nutrientes, a preservação da qualidade da água, a regulação das vazões e a produção primária.

Em relação aos serviços de fornecimento prestados pela Bacia do Rio Preto, há uma quantidade satisfatória de informações disponíveis, em escala geográfica e temporal, como estimativas de vazão, aumento de retirada para a irrigação, vazões outorgadas, balanço entre a oferta e a demanda hídrica por mês e por unidade hidrológica de gerenciamento, prognóstico de capacidade de suporte da Bacia no futuro. Porém as informações apresentam baixa precisão e baixo nível de detalhamento. Não se sabe dizer, por exemplo, o consumo efetivo de cada propriedade e os dados de vazão da Bacia se baseiam em uma série reconstituída.

A carência de informações é ainda maior em relação aos serviços de regulação e suporte. Nestas áreas, a investigação é incipiente e os dados não são suficientes para entender a dinâmica dos processos naturais e antrópicos e quantificar os serviços fornecidos. Merece destaque a iniciativa de pesquisa da Embrapa Cerrados na bacia hidrológica experimental do Buriti Vermelho (RODRIGUES *et al.*, 2009), que tem o potencial de produzir dados relevantes para a análise de serviços ecossistêmicos.

As lacunas de informação, em grande parte, refletem o reduzido comprometimento social e institucional com a gestão de recursos hídricos que abastecem áreas rurais. Os esforços de conservação têm se concentrado em assegurar a manutenção da oferta para o abastecimento urbano. Esse aspecto foi determinante, por exemplo, na escolha de bacias no DF para aplicação do Programa Produtor de Água. O Programa está sendo desenvolvido no

Ribeirão Pípiripau e tem previsão de expansão para o Rio Descoberto e Lago Paranoá, três importantes mananciais para o abastecimento da população urbana de Brasília e das Regiões Administrativas.

A priorização de bacias destinadas ao abastecimento urbano, se adotada em escala mais ampla, pode ter implicações desastrosas sobre o bioma Cerrado. Isso porque a Bacia do Rio Preto é um caso exemplar da conjuntura atual do Cerrado, caracterizada por uma tendência de conversão de áreas nativas em áreas de produção agrícola. A análise das características de ocupação do Rio Preto revela a correspondência entre as mudanças no padrão de uso e ocupação do solo com as frentes de ocupação no Cerrado. Após a fase inicial de uso da terra para a subsistência, seguiu-se a expansão da pecuária e a rápida conversão para a agricultura, na medida em que a infraestrutura de transportes permitiu o acesso aos maiores mercados consumidores. Com base nas pesquisas sobre o Cerrado, sinteticamente apresentadas, é possível inferir que a situação que se observa no Rio Preto pode ser encontrada em outras bacias no bioma, com as mesmas características de ocupação consolidada, altas taxas de desmatamento e forte pressão sobre os recursos hídricos para a ampliação do cultivo irrigado. Na maior parte da região central do Brasil, essa dinâmica é mais significativa do que o impacto das grandes cidades. Assim, focalizar a conservação apenas em centros urbanos significaria excluir das políticas ambientais uma parcela expressiva dos recursos hídricos ameaçados.

Uma das vantagens de se adotar a perspectiva dos serviços ecossistêmicos é o potencial de destacar os benefícios sociais gerados pelo campo e a importância da interação harmônica entre o ambiente rural e urbano. A bacia de drenagem do Rio Preto e seus afluentes permitem a produção de alimentos e de energia, a geração de sustento e renda para populações locais e o funcionamento de ecossistemas em escala distrital e interestadual. Os serviços providos pelo campo alcançam uma dimensão ainda maior quando se considera que a produção agrícola sustenta, em grande parte, o consumo e o estilo de vida urbanos. As cadeias de produção de diversos bens podem, em última análise, ser rastreadas até o produtor agropecuário.

Aliada à maximização do bem estar social, a motivação para a conservação também recai sobre a situação de fragilidade da Bacia, causada por fatores naturais e antrópicos. As principais condições naturais de fragilidade são a baixa vazão natural dos rios, que se localizam em uma região de cabeceiras, e o longo período de estiagem. As pressões antrópicas decorrem da prática de agricultura intensiva, com o uso pivôs centrais. Este modelo

promove a sobrexploração dos recursos hídricos, a erosão acelerada e a destruição dos habitats naturais. O desmatamento área da Bacia está acima da média observada na região hidrográfica do Paraná, que tem a menor taxa de conservação de cerrado em sua área de drenagem. Nesse contexto, o foco em serviços de proteção hídrica é essencial para a manutenção do fornecimento de água a longo prazo e a redução dos conflitos. Já a possibilidade provisão de outros serviços ambientais, como a conservação da biodiversidade, é bem reduzida, embora ganhos secundários possam derivar do aumento da cobertura vegetal.

Para alcançar os objetivos de proteção hídrica, a implantação de esquemas de PSA tem sido uma estratégia cada vez mais difundida na América Latina. Contudo, é difícil precisar o quanto essas estratégias têm sido efetivas e bem sucedidas. Primeiro porque vários desses programas são ainda recentes, ao passo que respostas ambientais levam algum tempo para se manifestar e podem demandar um longo prazo para reverter impactos negativos e demonstrar permanência. Segundo porque as estruturas são muito diversas, de modo que torna-se difícil estabelecer um indicador de referência para medir o sucesso dos programas. Terceiro porque o monitoramento é uma das principais fragilidades da maioria dos esquemas de PSA implementados e envolve múltiplas análises sociais, econômicas e ambientais, que nem sempre são produzidas. Pode-se dizer que, em geral, os programas têm alcançado resultados positivos em termos de aumento de áreas com cobertura vegetal preservada, redução da erosão e conscientização sobre os impactos ambientais.

Resultados mais robustos requerem ações de monitoramento claramente definidas e planejadas antes da implantação do programa. O monitoramento do Programa Produtor de Água no Pípiripau não foi definido *a priori*. A responsabilidade de monitoramento é um dos grupos de trabalho gestores, de acordo com orientações gerais apresentadas no manual do Programa.

Apesar de ainda não haver resultados sobre a eficácia do Programa, a alta taxa de adesão de proprietários, o prognóstico dos benefícios que serão alcançados e a ampliação das iniciativas do Programa em âmbito nacional são indicativos da viabilidade do modelo. Não obstante, o Produtor de Água e, em geral, os esquemas de PSA brasileiros, têm sido implementados como iniciativas piloto, com pequena amplitude espacial. O desenvolvimento de um esquema de PSA abrangendo toda a porção distrital da Bacia do Rio Preto tem um alcance substancialmente maior do que o Programa atualmente executado no Pípiripau. Essa experiência traria contribuições para o planejamento de esquemas de PSA mais amplos, pois o maior alcance requer diferentes abordagens.

Atualmente, o Programa Produtor de Água no Pípiripau prioriza a intervenção em áreas mais críticas e seleciona projetos que ofereçam maior percentual de concordância com as sugestões indicadas no projeto individual de propriedade. O objetivo é contemplar, de acordo com a disponibilidade financeira, todos os produtores dispostos a realizar ao menos 25% das ações recomendadas. A elaboração dos projetos individuais de propriedade, sob responsabilidade da EMATER e de outros parceiros, é um dos principais gargalos do processo.

O processo adotado no Pípiripau tem a vantagem de produzir informações e análises com alto grau de detalhamento. O investimento institucional, a elaboração intelectual e os conhecimentos produzidos são contribuições expressivas para o desenvolvimento de projetos semelhantes. As infraestruturas implementadas também ficam disponíveis para outras iniciativas. Porém, os custos de transação para aplicação do modelo em áreas maiores seriam muito grandes e poderiam se tornar proibitivos. Uma bacia mais extensa, como a abrangida pela área de drenagem do Rio Preto e seus afluentes, demandaria mais recursos financeiros e mais investimentos de pessoal e de tempo. A elaboração de planos individuais de propriedade, que já representa um desafio para a gestão do Produtor de Água, seria mais onerosa e mais complexa.

Uma estratégia mais efetiva de seleção de beneficiários na Bacia do Rio Preto requer um estudo prévio para identificar os **maiores responsáveis pela produção e pelo uso da água**, que serão tratados no texto como **principais stakeholders**. Considerando a estrutura de concentração de terras ao longo da Bacia, a adesão de poucos grandes produtores seria suficiente para garantir a viabilidade do projeto, em termos de obtenção de benefícios ambientais expressivos. Estes produtores são os principais vendedores de serviços ambientais e, possivelmente, são também grandes usuários de água. A estratégia de focar esforços em grandes produtores permite a redução significativa de custos de transação, com a diminuição de recursos que seriam gastos para articular a implantação do projeto ao longo de toda a Bacia. De acordo com a disponibilidade financeira e as metas estabelecidas, outros produtores poderiam vir a integrar o programa em um segundo momento, para aumentar os ganhos ambientais. O apoio ao projeto por parte dos produtores de sucesso da região também tem o potencial de aumentar a credibilidade da iniciativa e influenciar a adesão de outros produtores, como ocorreu no Vale do Cauca, Colômbia.

O modelo assinalado se opõe àqueles de tem sido preferencialmente adotados no Brasil, que associam metas ambientais e distribuição de renda. A ampliação de projetos de

PSA para bacias maiores e o alcance de metas em escala de bioma, entretanto, indicam a necessidade de articular com os principais *stakeholders*, à exemplo do acordo conhecido como Moratória da Soja<sup>11</sup>.

A análise dos *stakeholders* envolve também a definição de possíveis compradores do serviço. Nesse aspecto, o financiamento privado deve ter prioridade devido à sua capacidade de criar mercados mais eficientes e desonerar o orçamento público para atender outras demandas. Os custos de monitoramento também podem ser reduzidos se os compradores forem usuários de água na bacia. Em tese, o comprador usuário tem melhores condições e maior interesse em avaliar o retorno do seu investimento. Em relação ao modelo de PSA aplicado no Pípiripau, a possibilidade de um programa semelhante ser eficaz com menores custos de transação representa um avanço qualitativo. Isso porque o Produtor de Água se apoia em uma complexa rede gestão, com alto investimento institucional, mas o trabalho dos órgãos públicos e entidades parceiras não é contabilizado nos custos.

Neste contexto, a usina hidrelétrica de Queimado é uma possível interessada em financiar os serviços ambientais de proteção hídrica prestados à montante, na área da Bacia do Rio Preto/DF. Ainda que os grupos concessionários da usina (CEB e CEMIG) sejam sociedades de economia mista, e não empresas puramente privadas, trata-se de uma grande usuária dos recursos hídricos com interesse em maximizar seus benefícios e garantir a vazão necessária para a produção hidrelétrica. Os valores pagos poderiam ser contabilizados a título de compensação ambiental, à exemplo do que ocorre com o aporte financeiro da CAESB, na Bacia do Pípiripau. Apesar disso, não foram encontrados registros de usinas hidrelétricas que participem de esquemas de PSA no Brasil. As pesquisas indicam que há alta resistência dessas companhias em financiar serviços ambientais e obstáculos institucionais à iniciativas de PSA voluntárias no Brasil. Assim, é preciso considerar outras fontes de financiamento e também formas distintas de pagamento.

Independentemente da fonte e da forma de pagamento, estudos de valoração econômica devem ser conduzidos antes da implantação do PSA para orientar o valor a ser pago com maior transparência e objetividade. O método mais usado de valoração ambiental

---

<sup>11</sup> A Moratória da Soja é um acordo, atualmente vigente, firmado pelo governo e sociedade civil com grandes associações comerciantes soja, por resultado de pressões de grupos ambientalistas no Brasil e no exterior. O acordo consiste no compromisso de não comercializar nem financiar a soja produzida em áreas que foram desmatadas no Bioma Amazônia após 2008 (nos termos do acordo atual). Pesquisas demonstram que desde a assinatura do acordo, em 2006, o impacto do cultivo de soja para o desmatamento da Amazônia é pequeno (ABIOVE, [s.d.]).



para definição de valores de PSA é o custo de oportunidade<sup>12</sup>. Outro método usual para a valoração ambiental em contexto semelhante é o custo de recuperação ou reposição<sup>13</sup>.

A alta produtividade e rentabilidade alcançadas na Bacia do Rio Preto, contudo, são indicativas de que o pagamento ao produtor do custo de oportunidade da terra pode ser inviável. As experiências de PSA na América Latina mostram que outros modelos podem ser adotados. É possível basear o programa em mecanismos de renúncia fiscal, ofertas de condições de financiamento mais vantajosas, concessão de certificados ambientais e acesso a mercados privilegiados, investimentos em infraestruturas locais, adoção de políticas agrícolas favorecidas e outros. Também podem ser utilizados recursos de fundos de compensação ambiental.

É possível reduzir a participação do governo não só no financiamento, mas também na execução do projeto. Atualmente, o Programa no Pipiripau conta com diversos parceiros, incluindo organizações do terceiro setor. A decisão de incluir diversos atores no planejamento e execução do Programa traz benefícios adicionais de transferência das tecnologias socioambientais. Quanto mais entidades forem capacitadas para trabalhar com PSA de proteção hídrica, mais fácil se torna replicar essas iniciativas em outras bacias com menor demanda recursos públicos.

Se por um lado a participação do governo pode ser reduzida no financiamento e execução do programa de PSA, por outro, ela assume importância fundamental para a atividades tipicamente governamentais, como a regulação, o planejamento público e o exercício do poder de polícia. Um planejamento adequado, específico para a Bacia, regulando o uso racional dos recursos hídricos disponíveis poderia colaborar com o projeto de PSA e com o alcance das metas ambientais esperadas. Os dados apresentados mostram que a ocupação do solo e captação de água na Bacia têm ocorrido de forma desordenada, o que provoca o acirramento dos conflitos. O planejamento pode estimular o uso de recursos hídricos de maneira mais uniforme ao longo da Bacia, evitando a pressão sobre rios que já estão no limite de disponibilidade. Regulações necessárias incluem a definição de locais adequados para a captação, planejamento da distribuição e do barramento de água de forma mais equilibrada e revisão as outorgas concedidas.

---

<sup>12</sup> O método custo de oportunidade, neste caso, consiste em quantificar a renda sacrificada pelo produtor em função da restrição ao uso da terra destinada à proteção ambiental.

<sup>13</sup> O método considera que os custos para a reparação de um dano ambiental refletem o valor aproximado do benefício social daquele recurso: “a operacionalização desse método é feita pela agregação dos gastos efetuados na reparação dos efeitos negativos provocados por algum distúrbio na qualidade ambiental de um recurso utilizado numa função de produção” (NOGUEIRA et al., 2010).

Considerando a escassez de iniciativas de PSA voluntárias no Brasil, o governo também teria um papel importante para fomentar e promover o estímulo inicial de instalação do esquema. Outras ações governamentais importantes incluem a implantação de pontos de monitoramento de vazão e de um sistema de monitoramento específico para poluentes agrícolas, conforme recomendação do Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos. As ações do governamentais devem ser planejadas e executadas em associação com o Comitê de Bacia.

A cobrança pelo uso da água é outro estímulo institucional comumente apontado como uma contribuição significativa para a racionalização do uso dos recursos hídricos. Os valores atualmente praticados na Bacia do São Francisco, entretanto, são muito baixos e possivelmente não são suficientes para impulsionar mudanças no uso de recursos hídricos. Não obstante, a cobrança pela água pode funcionar em colaboração com o PSA para criar uma nova dinâmica de intervenção conservacionista, à exemplo do sistema existente no Vale do Cauca. No caso da Colômbia, foi possível incentivar o pagamento de uma contribuição ambiental oferecendo descontos na tarifa de água. Este mecanismo, se adotado, forneceria uma nova alternativa financiamento de PSA nos afluentes do Rio Preto. Importa destacar que a estratégia colombiana encontrou dificuldades para a sua continuidade diante mudanças nas políticas públicas.

Mudanças na gestão pública estão entre os fatores institucionais que podem atrapalhar o funcionamento de esquemas de PSA. Como manter um programa robusto, capaz de se manter no tempo, diante das alterações dos governos a cada 4 anos? Esta é uma condicionante que assume maior peso quanto maior a participação governamental no processo, ao passo que esquemas de PSA voluntários puros estão sujeitos a uma menor influência de oscilações políticas. Existem instrumentos para conferir maior segurança jurídica aos programas, como a instituição por meio de lei (conforme ocorrido em Extrema) e a realização de contratos de longo prazo, mas esses mecanismos requerem vontade política para serem estabelecidos em princípio. Este é um dos desafios mais importantes relacionados ao PSA na atualidade: pactuar politicamente o pagamento por serviços ambientais no Brasil, tendo em vista o Projeto de Lei em tramitação no Congresso Nacional que estabelece a Política Nacional de Serviços Ambientais e o Programa Federal de Pagamento por Serviços Ambientais.

Organismos colegiados de gestão descentralizada, como os comitês de bacias, até um certo ponto, também ajudam a reduzir o impacto das mudanças políticas ao permitirem a participação da sociedade civil e de pessoas diretamente afetadas pelas políticas no âmbito

decisório. Implementar os comitês não é suficiente, é necessário que eles sejam efetivos e estejam próximos dos usuários. Também não se pode considerar que o comitê é a única forma de participação popular nas decisões. O envolvimento de associações locais e dos produtores interessados na gestão dos esquemas de PSA podem torná-los mais transparentes, mais eficazes para redução de conflitos e mais robustos no longo prazo.

Em relação à definição de serviços ambientais prioritários, o Programa no Pipiripau elegeu ações para a contenção da erosão, recuperação florestal e redução das perdas na distribuição de água. Pesquisas robustas de sedimentologia sustentam a escolha destes métodos e resultados preliminares têm demonstrado a eficácia das medidas selecionadas na regularização das vazões. Observou-se que a intervenção em Extrema tem sido capaz de reduzir a ocorrência de quedas acentuadas na vazão durante a estiagem. Para melhorar o êxito das práticas conservacionistas, a qualidade dos serviços também é fiscalizada. Em função do padrão do serviço efetivamente prestado, há diferenças no valor dos pagamentos realizados, o que atende ao critério de condicionalidade do PSA.

Na Bacia do Rio Preto, além das técnicas já adotadas no Pipiripau, outras ações podem ser incorporados para maximização dos benefícios obtidos com serviços ambientais. É preciso considerar que a principal ameaça para a integridade hídrica na Bacia é a sobreexploração de água para a irrigação por pivô central durante os meses mais secos. Assim, as prioridades de conservação devem incidir sobre o aumento da capacidade de recarga e a otimização das retiradas para a irrigação. Isso porque, durante os meses mais secos, é a descarga de base dos aquíferos que garante a manutenção das vazões das nascentes e dos cursos d'água superficiais. Portanto, áreas de recarga natural devem ser preservadas para promover a uma maior infiltração durante o período de chuvas. Conforme foi discutido, as principais áreas de recarga na Bacia do Rio Preto são formadas por Latossolos, geralmente associados a terrenos planos ou aplainados. No contexto local, o percentual de Latossolos em áreas destinadas à proteção ambiental é um importante critério de priorização de projetos e pode ser usado como ponderador para aumentar os valores pagos. Outra ação simples e eficaz para melhorar a infiltração e que poderia ser incorporada ao programa é a instalação de caixas ou trincheiras de recarga em locais estratégicos. Além destas medidas, o pagamento deve ser capaz de incentivar métodos de irrigação e manejo dos pivôs centrais que economizem água, reduzindo a necessidade de retiradas.

Enfim, o benefícios esperados com a criação de um esquema de PSA na Bacia do Rio Preto são:

- racionalização do uso de recursos hídricos para a irrigação;
- aumento da taxa de recarga dos aquíferos;
- redução da erosão e assoreamento;
- aumento das áreas preservadas de cerrado;
- recuperação de áreas APP degradadas e criação de áreas de RL;
- regularização da vazão;
- redução da pressão sobre recursos hídricos em locais críticos;
- conscientização ambiental sobre os serviços ecossistêmicos;
- incorporação das externalidades ambientais no mercado;
- melhoria da qualidade hídrica;
- melhoria da qualidade do habitat dos ecossistemas aquáticos; e
- melhoria na conectividade da paisagem (como benefício secundário).

O Quadro 3 resume as principais contribuições apresentadas para a implantação de um esquema de PSA na Bacia do Rio Preto, comparadas com o que já existe no Programa Produtor de Água no Pípiripau:

**Quadro 3:** Síntese das principais contribuições apresentadas à implantação de um esquema de PSA na Bacia do Rio Preto/DF, comparadas com o modelo adotado pelo Programa Produtor de Água no Pípiripau.

<b>PSA no Rio Preto</b>	<b>Produtor de Água no Ribeirão Pípiripau</b>
Intervenção com foco mais amplo, na Bacia do Rio Preto/DF	Intervenção com foco mais restrito, na Sub-bacia do Ribeirão Pípiripau/DF (com uma pequena parcela em GO)
Priorização de acordos estipulados com os principais stakeholders, maiores produtores e usuários de água	Priorização das áreas mais críticas e contratos com os proprietários que apresentarem maior concordância com as ações conservacionistas recomendadas
Obtenção prioritária de financiamento privado fornecido por um grande usuário (hidrelétrica de Queimado)	Recursos majoritariamente públicos com aporte de recursos por empresas públicas e privadas, organizações ambientais do terceiro setor e um grande usuário (CAESB)
Consideração de alternativas de fontes de financiamento e de formas de pagamento: <ul style="list-style-type: none"> <li>• benefícios não monetários, como descontos em impostos, condições de empréstimos mais vantajosas, certificados ambientais e acesso a mercados privilegiados, infraestruturas locais, políticas agrícolas favorecidas e outros;</li> <li>• cobrança pelo uso da água associada e descontos para serviços ambientais prestados;</li> <li>• fundos de compensação ambiental.</li> </ul>	Pagamentos anuais em dinheiro e em prestação de serviços com escopo conservacionista.

<b>PSA no Rio Preto</b>	<b>Produtor de Água no Ribeirão Pípiripau</b>
Realização de estudos de valoração ambiental utilizando os métodos custo de oportunidade e custo de recuperação ou reposição	Estudos de custo de oportunidade para a atividade menos lucrativa e fixação do valor de pagamento de acordo com a disponibilidade de recursos
Descrição prévia dos critérios de monitoramento e indicadores que serão adotados	Orientações gerais para o monitoramento e definição das estratégias específicas durante o processo, no âmbito do GT de monitoramento
Participação governamental para iniciar o programa e gestão pelas partes interessadas, com inclusão de produtores na tomada de decisões de gestão e colaboração do Comitê de Bacia	Ampla participação governamental na gestão do programa, juntamente com instituições parceiras, e âmbito de decisão dos produtores restrito à adesão individual
Execução das ações de conservação por organizações do terceiro setor e empresas privadas	Execução das ações de conservação por organizações do terceiro setor e órgão e empresas públicas
Oferta de pagamento proporcional ao percentual de Latossolos na área preservada, manejo eficiente das técnicas de irrigação, instalação de caixas de recarga, percentual de abatimento da erosão, quantidade e qualidade da restauração florestal	Pagamento proporcional ao percentual de abatimento da erosão, quantidade e qualidade da restauração florestal
Realização de melhorias dos canais de distribuição e barramentos e construção de barraginhas	Realização de melhorias dos canais de distribuição e construção de barraginhas
Solicitação de projeto de planejamento integrado do uso da água na Bacia, com determinação dos locais de captação, redimensionamento de canais e revisão das outorgas.	Não há iniciativas específicas para essas políticas públicas.
Estabelecimento de contratos mais longos, criação do programa por lei específica	Contratos de 5 anos e proposta de continuidade do programa com recursos de um fundo rotativo

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As consequências das escolhas individuais no sentido de conservação ou degradação da qualidade do meio ambiente, em geral, se distribuem para a sociedade e se diluem na coletividade. Isso ocorre porque o meio ambiente é um bem público, amplamente difundido e não incluído no mercado. Neste contexto, as responsabilidades igualmente se diluem e, muitas vezes, recaem sobre a administração pública.

Os mecanismos de PSA permitem individualizar os comportamentos e fornecer incentivos para promover aqueles que são mais desejados. Os comportamentos desejados, dentro da temática deste estudo, são os serviços ambientais. Os recursos hídricos se distribuem de forma distinta e permitem identificar usuários, à jusante, beneficiados (ou prejudicados) pelo uso que se faz à montante. Assim, é possível promover a negociação entre as partes interessadas, compradores e vendedores de serviços ambientais, para maximizar os benefícios pessoais, sociais e ecossistêmicos. Nesse sentido, pode-se dizer que sim, o PSA é um mecanismo adequado para ser utilizado na Bacia do Rio Preto/DF.

A pesquisa e a sistematização de informações sobre a Bacia do Rio Preto, realizadas neste estudo, permitiram identificar possíveis fornecedores de serviços ambientais à montante e um grande usuário à jusante, a usina hidrelétrica de Queimado. Também foi possível observar que o uso intensivo dos recursos à jusante no período de estiagem compromete o uso à montante e o fluxo hidrológico em geral. As informações apontam que, caso não haja intervenção conservacionista, há tendência de que consumo se intensifique e a demanda ultrapasse a disponibilidade de água em poucas décadas.

Ao mesmo tempo que as informações obtidas permitiram oferecer respostas às perguntas de pesquisa, elas levantaram novas dúvidas que abrem possibilidades de investigações posteriores. A alta produtividade e rentabilidade das atividades agrícolas desenvolvidas na Bacia geram questionamentos quanto à viabilidade de financiar um esquema de PSA na região, pois os custos de transação podem ser proibitivos. A disposição a pagar dos compradores pode não alcançar a disposição à receber dos vendedores e o programa pode simplesmente não despertar o interesse dos proprietários. Estudos econômicos específicos, que se encontram fora do alcance desta investigação, devem ser conduzidos para elucidar melhor essas questões.

Ademais, dentro da proposta de apresentar contribuições para um programa de PSA na Bacia do Rio Preto, foi possível apontar outras possibilidades PSA que não envolvem um

componente monetário direto. As experiências na América Latina mostraram que benefícios não monetários podem ser eficazes para atrair interessados e promover maior proteção aos recursos hídricos.

As informações sistematizadas sobre o Programa Produtor de Água no Pipiripau forneceram um quadro significativo sobre o qual foi possível discutir uma estratégia semelhante para a bacia do Rio Preto. As principais contribuições apresentadas, que representam inovações em relação ao que está já sendo implementado, se referem a estimular acordos voluntários ente fornecedores e usuários, reduzir a demanda de recursos governamentais e priorizar a negociação com os principais stakeholders.

Apesar do foco na escala local, as discussões e os resultados obtidos podem ser transferidos para estudos relativos a outras áreas do Cerrado, com características semelhantes de ocupação consolidada e forte pressão sobre os recursos hídricos para a irrigação.

Além dos estudos econômicos anteriormente mencionados, outras possibilidades de pesquisa abertas pelo presente estudo incluem: investigações de aspectos sociais, entrevistas com os produtores e identificação dos atores com maior poder de barganha na bacia do Rio Preto; pesquisa sobre a correlação entre os uso e ocupação do solo e as comunidades bióticas locais; análise do impacto da construção de inúmeras barraginhas sobre a dinâmica hidrológica do Rio Preto e seus afluentes; cálculo da taxa de sedimentação e impactos sobre o reservatório de Queimado; desenvolvimento de indicadores para o monitoramento de serviços de PSA de proteção hídrica; identificação e quantificação dos serviços de regulação e suporte providos pela Bacia do Rio Preto; e análise do Projeto de Lei que regulamenta o PSA no Brasil e seus impactos.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIOVE. **Moratória da soja.** Disponível em: <<http://www.abiove.org.br/site/index.php?page=moratoria-da-soja&area=NS0zLTE=>>>. Acesso em: 1 dez. 2014.
- ALCAMO, J. et al. Ecosystems and their services. In: **Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment**. 1. ed. Washington: Island Press, 2003. p. 49–70.
- ALSTON, L. J.; ANDERSSON, K.; SMITH, S. M. Payment for Environmental Services: Hypotheses and Evidence. **Annual review of resource economics**, v. 5, n. 1, p. 139–159, 1 jun. 2013.
- ALVES, R. **Comitê aprova cobrança pelo uso da água da Bacia do Rio São Francisco.** Disponível em: <[http://www.cbhpreto.df.gov.br/noticia\\_09062010.asp](http://www.cbhpreto.df.gov.br/noticia_09062010.asp)>. Acesso em: 30 nov. 2014.
- ALVES, R. **Agência divulga projetos selecionados para o Programa Produtor de Água.** Disponível em: <[http://www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/noticia.aspx?id\\_noticia=12596](http://www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/noticia.aspx?id_noticia=12596)>. Acesso em: 12 nov. 2014.
- AYLWARD, B.; BANDYOPADHYAY, J.; BELAUSTEGUIGOTIA, J.-C. Freshwater Ecosystem Services. In: HASSAN, R.; SCHOLES, R.; ASH, N. (Eds.). **Ecosystems and human well-being: current state and trends**. Washington: Island Press, 2005. p. 213–255.
- BALVANERA, P. et al. Ecosystem services research in Latin America: the state of the art. **Ecosystem Services**, v. 2, p. 56–70, dez. 2012.
- BLANCO, J.; WUNDER, S.; NAVARRETE, F. **La experiencia colombiana en esquemas de Pagos por Servicios Ambientales**. Bongor: [s.n.].
- BORGES, M. E. S. *et al.* Relação dos compartimentos geomorfológicos com o uso agrícola na Bacia do Rio Preto. **Espaço & Geografia**, v. 10, n. 2, p. 453–476, 2007.
- BORGES, M. E. S. **Mapeamento geomorfológico da Bacia do Rio Preto e sua relação com o uso agrícola**. [s.l.] Universidade de Brasília, 2008.
- BRAGA JÚNIOR, B. F.; DOMINGUES, A. F. Gestão de recursos hídricos no Brasil. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. DE (Eds.). **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre a sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. p. 1198.
- BRASIL et al. **Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco – PBHSF (2004- 2013) – Resumo Executivo**. Salvador: [s.n.].
- BRASIL et al. **Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite: Relatório de monitoramento do bioma cerrado 2009-2010, Acordo de Cooperação Técnica MMA/IBAMA**. Brasília: [s.n.].



BRASIL; AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Acordo de Cooperação Técnica nº 015/ANA/2011**. Brasil, 2011.

BRASIL; AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil**. Brasília: [s.n.].

BRASIL; AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Manual Operativo do Programa Produtor de Água**. 2. ed. Brasília: ANA, 2012. p. 66

BRASIL; ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2013**. Brasília: [s.n.].

BRASIL; MMA. **Plano de ação para prevenção e controle do desmatamento e das queimadas**. Brasília: [s.n.].

BUSTAMANTE, M. M. C.; FERREIRA, L. G. Land use change and the carbon budget in the Brazilian Cerrado. *In*: HILL, M. J.; NIAL P. HANAN (Eds.). **Ecosystem Function in Savannas: measurement and modeling at landscape to global scales**. Boca Raton: CRC Press, 2011.

BUSTAMANTE, M. M. DA C.; OLIVEIRA, E. L. DE. Impacto das atividades agrícolas, florestais e pecuárias nos recursos naturais. *In*: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. DE (Eds.). **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre a sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. p. 1198.

CAMPOS, J. E. G.; MONTEIRO, C. F.; RODRIGUES, L. N. **Geologia e Zoneamento Hidrogeológico da Bacia do Rio Preto, DF/GO/MG**. Planaltina: [s.n.].

CARNEIRO, P. J. R. et al. Evolução do uso da água na Bacia do Rio Preto no Distrito Federal. **Espaço & Geografia**, v. 10, n. 2, p. 325–353, 2007.

CEMIG; CEB. **Usina Hidrelétrica Queimado**. Consórcio CEMIG - CEB, [s.d.].

CHAVES, H. M. L. *et al.* Quantificação dos Benefícios Ambientais e Compensações Financeiras do Programa do Produtor de Água (ANA): I. Teoria. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 9, n. 3, p. 5–14, 2004.

CHAVES, H. M. L. **Avaliação econômica e socioambiental do retorno do investimento da implantação do Projeto Produtor de Água na bacia do Ribeirão Pipiripau (DF/GO)**. Brasília: [s.n.].

COSTA, L. M. DA; OLSZEWSKI, N. Caracterização da paisagem do cerrado. *In*: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. DE (Eds.). **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre a sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. p. 1198.

COSTANZA, R. et al. Changes in the global value of ecosystem services. **Global Environmental Change**, v. 26, p. 152–158, maio 2014.

DISTRITO FEDERAL. **Zoneamento Ecológico-Econômico do DF: Relatório do Meio Físico**. Brasília: [s.n.].

DISTRITO FEDERAL. **Zoneamento Ecológico-Econômico do DF: Relatório do Meio Biótico**. Brasília: [s.n.].

DISTRITO FEDERAL; ADASA. **Transparência: contratos vigentes**. Disponível em: <[http://www.adasa.df.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=156&Itemid=224](http://www.adasa.df.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=156&Itemid=224)>. Acesso em: 18 nov. 2014.

DISTRITO FEDERAL; ADASA; ECOPLAN. **Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Distrito Federal: Relatório Final, Volume II - Anexos**. Brasília: [s.n.].

DISTRITO FEDERAL; ADASA; ECOPLAN. **Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Distrito Federal: Relatório Final, Volume I - Diagnóstico**. Brasília: [s.n.].

DISTRITO FEDERAL; AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO DISTRITO FEDERAL. **Edital n.º 01/2012 ADASA, retificação n.º 2, de 16 de agosto de 2012 - Pagamento por serviços ambientais a produtores rurais: Projeto Produtor de Água no Pipiripau**. Brasília: ADASA, 2012.

DISTRITO FEDERAL; SECRETARIA DE INFRA-ESTRUTURA E OBRAS. **Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Distrito Federal**. Brasília: SEINFRA-DF, 2005.

FREITAS, L. F. DE et al. Determinação do potencial de erosão a partir da utilização da EUPS na Bacia do Rio Preto. **Espaço & Geografia**, v. 10, n. 2, p. 431–452, 2007.

FROTA, P. V. **Propostas para gestão integrada de recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Jardim - DF**. [s.l.] Universidade de Brasília, 2006.

GÓMEZ-BAGGETHUN, E. et al. The history of ecosystem services in economic theory and practice: From early notions to markets and payment schemes. **Ecological Economics**, v. 69, n. 6, p. 1209–1218, abr. 2010.

IBGE. **Território**. Disponível em: <<http://brasilemsintese.ibge.gov.br/territorio>>. Acesso em: 30 nov. 2014.

INMET. **Gráficos climatológicos**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/html/clima/graficos/plotGraf.php?chklist=2,9,&capita=brasil&peri=99,&per6190=99&precipitacao=2&brasil=16&evaporacao=9&Enviar=Visualizar>>. Acesso em: 24 nov. 2014.

IPAM. **Glossário: adicionalidade**. Disponível em: <<http://www.ipam.org.br/saiba-mais/glossariotermino/Adicionalidade/2>>. Acesso em: 24 nov. 2014.

KAREIVA, P.; MARVIER, M. What Is Conservation Science? **BioScience**, v. 62, n. 11, p. 962–969, nov. 2012.

KFOURI, A.; FAVERO, F. **Projeto Conservador das Águas Passo a Passo: Uma Descrição Didática sobre o Desenvolvimento da Primeira Experiência de Pagamento por uma Prefeitura Municipal no Brasil**. 1. ed. Brasília: The Nature Conservancy do Brasil, 2011. v. ivp. 60.

MACHADO, R. B. *et al.* Caracterização da fauna e flora do Cerrado. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. DE (Eds.). **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre a sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. p. 1198.

MELLO, R. M. **Diagnóstico de recursos hídricos dos afluentes do Rio Preto, no Distrito Federal**. Brasília, ADASA, 2012.

MOREIRA, J. M. M. A. P. *et al.* **Caracterização dos Produtores do Núcleo Rural Buriti Vermelho: aspectos sociais, geográficos e de uso do solo e da água** Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 292. Brasília, Embrapa Cerrados, 2010.

MUELLER, C. C.; MARTHA JÚNIOR, G. B. A agropecuária e o desenvolvimento socioeconômico recente do Cerrado. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. DE (Eds.). **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre a sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. p. 1198.

NOGUEIRA, J. M. **Mercado ou Governo? O dilema dos esquemas de pagamentos por serviços ambientais no Brasil**. Instituto de Estudos e Pesquisas Sociais e do Agronegócio, 2013.

NOGUEIRA, J. M.; JUNIOR, P. R. S. Valor Econômico da APA de Cafuringa: Aspectos Metodológicos e Aplicação. In: **Cafuringa**. Brasília: Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Distrito Federal, 2011. p. 1–15.

NOGUEIRA, J. M.; MEDEIROS, M. A. A.; ARRUDA, F. S. T. **Valoração econômica do meio ambiente: ciência ou empiricismo?** Cadernos de Ciência & Tecnologia. Brasília, v. 17, n. 2, maio/ago. 2000, p. 81-115.

OBSERVATÓRIO DO CÓDIGO FLORESTAL. **Passivo ambiental é de quase um Paraná**. Disponível em: <<http://www.observatorioflorestal.org.br/?p=1263>>. Acesso em: 22 out. 2014.

ODUM, E. P. **Fundamentos de Ecologia**. 6. ed. São Paulo: Fundação Calouste Gulbenkian, 2004.

OLIVEIRA, G. C. DE. **Solos da região dos Cerrados: reconhecimento na paisagem potencialidades e limitações para o uso agrícola**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2009.

PAGIOLA, S.; ZHANG, W.; COLOM, A. Can Payments for Watershed Services Help Finance Biodiversity Conservation? A Spatial Analysis of Highland Guatemala. **Journal of Natural Resources Policy Research**, v. 2, n. 1, p. 7–24, 14 jan. 2010.

PAULO, R. G. F. DE. **Ferramentas para a determinação de vazões ecológicas em trechos de vazão reduzida: destaque para a aplicação do Método do Perímetro Molhado no caso de Capim Branco I.** [s.l.] Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

PEREVOCHTCHIKOVA, M.; TAMAYO, A. M. O. Avances y limitantes del programa de pago por servicios ambientales hidrológicos em México, 2003-2009. **Revista Mexicana de Ciencias Forestales**, v. 3, n. 10, p. 89–112, 2012.

RAMÍREZ, M. L. **Los pagos por servicios ambientales hidrológicos: más allá de la conservación pasiva de los bosques.** Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible, 2011.

REID, W. V. et al. **Ecosystems and Human Well-being: Synthesis.** Washington: Island Press, 2005. p. 137.

RESCK, D. V. S. *et al.* Manejo do solo sob um enfoque ecossistêmico. *In:* FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. DE (Eds.). **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre a sociedade, agronegócio e recursos naturais.** Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. p. 1198.

RIBEIRO, M. C. L. DE B. **Biodiversidade Aquática: Parte I. A Ictiofauna do Distrito Federal.** Brasília: [s.n.].

RODRIGUES, L. N. *et al.* **Pequenas barragens de terra na Bacia do Rio Preto: distribuição espacial e área do espelho d'água**XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. **Anais...**São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH, 2007.

RODRIGUES, L. N. *et al.* **Bacia experimental do Rio Buriti Vermelho: instrumentação, monitoramento e análise preliminar de dados.** XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Campo Grande: Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH, 2009.

RUSSI, D. *et al.* **The Economics of Ecosystems and Biodiversity for Water and Wetlands.** Londres: The Institute for European Environmental Policy (IEEP) & Ramsar Secretaria, 2013. p. 77.

SANT ANNA, A. C.; NOGUEIRA, J. M. Economic Valuation of Environmental Services: Increasing the Effectiveness of PES Schemes in Developing Countries? **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 2, p. 1048–1057, 2012.

SENTELHAS, P. C. *et al.* **Banco de dados climáticos do Brasil.** Disponível em: <<http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br/resultados/balanco.php?UF=df&COD=51>>. Acesso em: 15 nov. 2014.

SOUSA, D. M. G. DE; LOBATO, E. **Latossolos.** Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01\\_96\\_10112005101956.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_96_10112005101956.html)>. Acesso em: 24 nov. 2011.

SOUZA, M. N. *et al.* Dinâmica de sistemas e a modelagem com o uso do programa STELLA dos recursos hídricos da bacia do Rio Preto, afluente do Rio Paracatu. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 1, n. 1, p. 16–42, 2010.

SPASH, C. L. **Ecosystems Services Valuation: Socio-Economics and the Environment in Discussion, Working Paper Series 2008-03**. Canberra: CSIRO, 2008.

THE NATURE CONSERVANCY et al. **Relatório de diagnóstico socioambiental da Bacia do Ribeirão Pipiripau**. Brasília: [s.n.].

WUNDER, S. **Payments for environmental services: Some nuts and bolts**. Jakarta Center for International Forestry Research, 2005.

WUNDER, S. **Necessary Conditions for Ecosystem Service Payments**. Economics and Conservation in the Tropics: A Strategic Dialogue. São Francisco, 2008

WWF. **O que compõe a Pegada?**. Disponível em: <[http://www.wwf.org.br/natureza\\_brasileira/especiais/pegada\\_ecologica/o\\_que\\_compoe\\_a\\_pegada/](http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/especiais/pegada_ecologica/o_que_compoe_a_pegada/)>. Acesso em: 20 nov. 2014.

YOUNG, C. E. *et al.* **Implementing payments for ecosystem services in Brazil: lessons from the OASIS Program**Rio de Janeiro, 2012.